



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁSTROJE PRO TECHNOLOGII VYSEKÁVÁNÍ

TOOLS FOR THE PUNCHING PROCESS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Daniel Jelínek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2017

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie

Student: **Daniel Jelínek**

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Základy strojního inženýrství

Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**

Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Nástroje pro technologii vysekávání

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Jedná se o vytvoření obecného popisu metody vysekávání a užívaných nástrojů.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Provedení průzkumu v oblasti technologie vysekávání, vytvoření přehledu používaných strojů a nástrojů. Práce bude také obsahovat popis konstrukce nástrojů a jejich užití. V závěru práce bude uveden příklad návrhu konstrukce vysekávacího nástroje pro lepenku, vše doplněné názornou obrázkovou dokumentací.

#### **Seznam doporučené literatury:**

TSCHÄTSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: SpringerVerlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGrawHill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření: processes - machines - tools. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.

SAMEK, Radko a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. Speciální technologie tváření: Část I. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-214-4220-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

JELÍNEK Daniel: Nástroje pro technologii vysekávání.

---

Předkládaná práce je zaměřena na studii technologie vysekávání a jejím cílem je průzkum a porovnání používaných strojů a principů, s ohledem na vysekávaný materiál. V rámci práce jsou porovnány rozdíly mezi dvěma druhy používaných nástrojů, a to pro vysekávání archové lepenky a plechových tabulí. Součástí práce je také návrh vysekávacího nástroje pro sestavu krabiček na léky s kompletním výlupem a protitlakovou přípravou na vysekávacím automatickém lisu Bobst SPanthera 106 LE.

Klíčová slova: Vysekávání/děrování, lepenka, plech, výlup, protitlaková příprava

## **ABSTRACT**

JELÍNEK Daniel: Tools for die cutting and punching technology.

---

Elaborated project is focused on the study of die cutting/punching technology and its aim is research and comparison of machines and principles used, given to the processed material. Within the project, differences between two types of tools used are compared, namely for die cutting of cardboard sheets and punching of metal sheets. The project also includes a design of die cutting tool for pharmaceutical folding boxes with complete stripping tool and counter plate on automated die cutting press Bobst SPanthera 106 LE.

Keywords: Die cutting/punching, cardboard, sheet metal, stripping, counter plate

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JELÍNEK, Daniel. *Nástroje pro technologii vysekávání*. Brno, 2017. 43 s, 2 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 26.5. 2017

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval paní Ing. Evě Peterkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále chci poděkoval rodině za celkovou podporu během studia a firmě Marbach Česká Republika s.r.o. za poskytnutí cenných zkušeností a podkladů, které byly pilířem této práce.

## OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>1 ROZBOR ZADÁNÍ</b> .....	10
<b>2 VYSEKÁVÁNÍ PLECHU</b> .....	11
<b>2.1 Technologie vysekávání (stříhání)</b> .....	11
2.1.1 Fáze stříhání .....	12
2.1.2 Střížná plocha a střížná vůle .....	12
2.1.3 Střížná práce a síla .....	14
<b>2.2 Nástroje pro vysekávání plechu</b> .....	16
2.2.1 Konstrukce vysekávacího nástroje .....	16
2.2.2 Typy nástrojů .....	17
<b>2.3 Stroje pro vysekávání plechu</b> .....	19
<b>3 VYSEKÁVÁNÍ LEPENKY</b> .....	21
<b>3.1 Funkce a konstrukce planžetového nástroje</b> .....	22
3.1.1 Konstrukce planžetového nástroje .....	23
3.1.2 Rotační planžetové nástroje .....	28
<b>3.2 Vylupovací nástroje</b> .....	29
<b>3.3 Stroje pro vysekávání lepenky</b> .....	30
3.3.1 Popis funkce stroje .....	30
3.3.2 Typy strojů .....	31
<b>4 NÁVRH KONSTRUKCE NÁSTROJE PRO LEPENKU</b> .....	32
<b>4.1 Rozbor zadání</b> .....	32
<b>4.2 Konstrukce vysekávacího nástroje</b> .....	35
<b>4.3 Konstrukce protisekací přípravy</b> .....	37
<b>4.4 Konstrukce vylupovacího nástroje</b> .....	38
<b>4.5 Broušené můstky</b> .....	41
<b>5 ZÁVĚRY</b> .....	43

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh



## ÚVOD [18],[44]

Strojírenství je technický obor, který se zabývá návrhy, výrobou a údržbou strojů, zařízení a strojních součástí. Shrnuje poznatky z mechaniky, kinematiky, dynamiky, termomechaniky a hydromechaniky.

Strojírenský průmysl v dnešní době patří k jednomu z nejrychleji se rozvíjejících a neustále zdokonalovaných odvětví průmyslu vůbec. Počátky strojírenství jako takového lze vysledovat až do Starověkého Řecka, 250 let před naším letopočtem, kdy Archimédés položil základy moderní mechaniky. Avšak teprve v 17. století, kdy sir Isaac Newton vydal jeho zformulované pohybové zákony, a následným příchodem Průmyslové revoluce, nastal v oblasti strojírenství raketový vzrůst. Ten zapříčinil zároveň i rozvoj ostatních odvětví průmyslu, a to zejména hutnictví, dopravního a těžebního průmyslu.

Strojírenství se vyznačuje mimořádně velkou pestrostí výrobků, a tím pádem v sobě zahrnuje velké množství oborů. Podle druhu výroby se dělí na těžké, střední, lehké, přesné a investiční.

Největší část strojírenského průmyslu tvoří střední strojírenství, které zahrnuje zejména výrobu aut, letadel, motocyklů, obráběcích strojů a výrobní prostředky pro většinu oborů lehkého průmyslu. Zde se obecně uplatňují různé technologie výroby, a to zejména třískové obrábění, plošné a objemové tváření a v neposlední řadě i odlévání.

Technologie vysekávání, na kterou je zaměřena překládaná bakalářská práce, se řadí mezi beztřískové dělení materiálu, určené zejména pro vysekávání plechu, gum a plastů, ale také pro tiskový papír a lepenku v obalovém a potravinářském průmyslu.

Příklady konečných výrobků zhotovených vysekáváním jsou na obr. 1.

a) Výrobek z vlnité lepenky



b) Výrobek z plechu



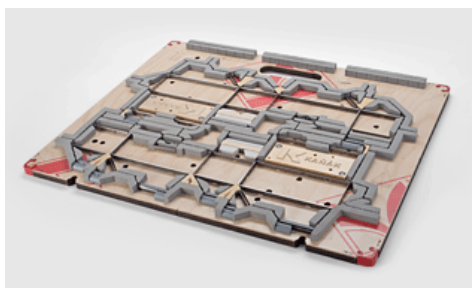
Obr. 1 Výrobky zhotovené vysekáváním [18],[44]

## 1 ROZBOR ZADÁNÍ [27], [17], [1], [24]

Technologie vysekávání je známá primárně jako jeden ze způsobů zpracování tabulí plechu. Co je však již méně známá věc, je fakt, že se vysekávání používá pro výrobu majoritní většiny lepenkových obalů a krabic. Obě tyto technologie se na první pohled od sebe výrazně liší, avšak lze mezi nimi najít určitou podobnostní analogii. Základním rozdílem mezi nimi je princip, na kterém pracují. Nástroje pro vysekávání plechu jsou používány nejčastěji ve formě dvoudílných nástrojů (razníku a raznice), které pracují na principu stříhu. Nástroje pro lepenku jsou vyráběny ve formě planžetových nástrojů, které pracují na principu řezu a sekají proti hladké kovové desce stroje.



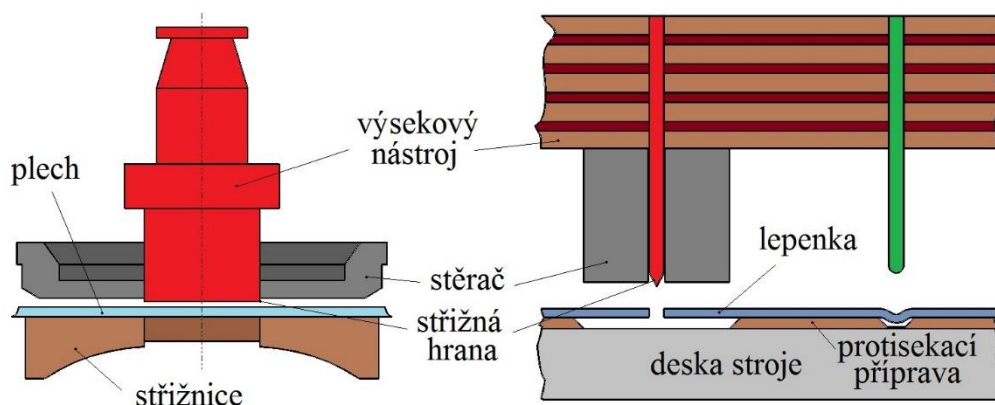
Obr. 2 Nástroj pro plech [27].



Obr. 3 Nástroj pro lepenku [17].

Na obr. 2 a 3 jsou znázorněny oba typy nástrojů. Je zřejmé, že nástroje se v mnohém liší, avšak části nástrojů mají stejné funkce. Oddělení materiálu je způsobeno vniknutím střížné hrany nástroje do plechu či lepenky. Ta je u vysekávání plechu tvořena obvodem razníku, u planžetového nástroje je střížná hrana tvořena obvodem nožoviny zasazené do překližkové desky, která má tvar hotového výrobku. Oba nástroje jsou dále vybaveny stěračem, který má funkci odstraňování a přidržování materiálu. U lepenky je dostatečné olepení pryží nebo korkem, stěrače pro vysekávání plechu jsou konstruované z oceli. U planžetového nástroje se kromě sekacích nožů osazují dále také nože, které mají tvářecí funkci, resp. slouží k vytváření ohybů a prolisů, a nazývají se rilly. Pro lepší funkci těchto nožů se používá protisekací příprava ve formě pertinaxu nebo frézovaných plechů. Je důležité zmínit, že tyto protikusy mají význam pouze pro tváření, nikoliv sekání. Dále zlepšují kvalitu tváření lepenky, avšak nejsou pro funkci nástroje nezbytné. Nástroj pro lepenku může fungovat i bez protikusu, na rozdíl od nástroje pro plech, který musí vždy sekát, resp. stříhat, proti střížnici. To samé platí i pro tváření plechu, které vyžaduje speciální nástroje na tváření a zpravidla tzv. aktivní matici. Řezy oběma nástroji jsou na obr. 4.

Podrobný popis konstrukce a funkce jednotlivých nástrojů bude popsán dále v práci.



Obr. 4 Řez vysekávacím nástrojem pro plech (vlevo) a lepenku (vpravo).

## 2 VYSEKÁVÁNÍ PLECHU [3],[4],[12],[21],[28],[30],[35],[36],[42]

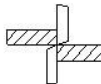

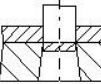

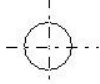
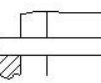

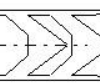



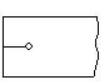

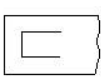



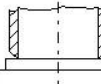


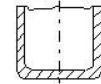

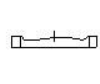
Vysekávání je v principu stříhání, kdy dochází k oddělování materiálu výsečníkem na podložce, nebo pohybem střížníku proti střížnici. Nachází uplatnění při výrobě jednodušších výrobků (např. těsnění), nebo u součástí složitých tvarů, které nelze zhotovit stříháním. U plechových součástí jsou nejčastěji vysekávány jednoduché geometrické tvary, loga, značky, zářezy, průvlaky a větrací otvory.

Princip dělení materiálu vysekáváním je v podstatě totožný jako princip stříhání. Z toho důvodu je následující kapitola věnována problematice technologie stříhání.

### 2.1 Technologie vysekávání (stříhání) [3],[4],[12],[21],[28],[30]

Stříhání je jednou z nejpoužívanějších operací ve strojírenství. Je to metoda postupného beztržiskového dělení materiálu stříhacím nástrojem podél křivky stříhu. Pro vystřihování je tato křivka tvořena obvodem střížníku nebo střížnice. Střížné operace se vyskytují na většině výrobků vyrobených pomocí některé z technologií pro zpracování plechů či výkovků.

Základní přehled operací stříhání je uveden na obr. 5. Kromě klasického dělení materiálu stříháním se užívá např. děrování a vystřihování, dále nastřihování a prostřihování a v neposlední řadě vysekávání.

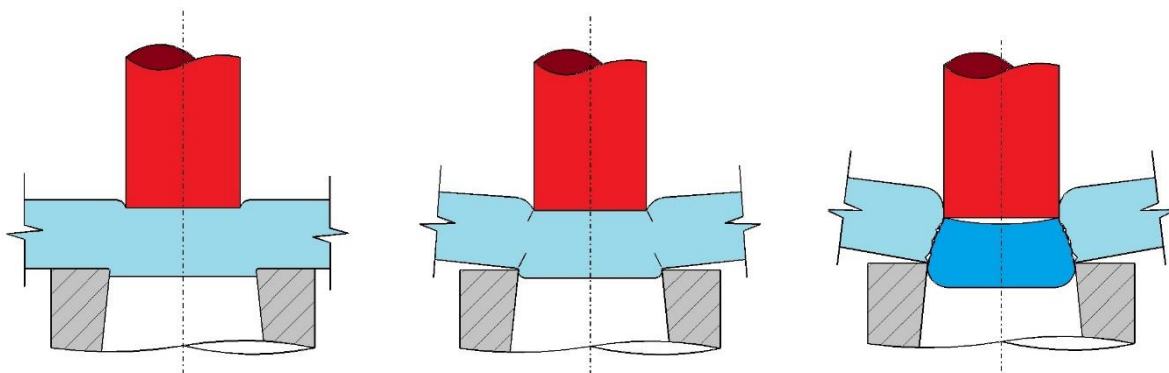
Druh stříhání	Schéma	Výrobek	Odpad
Prosté stříhání - dělení materiálu (pásky, tabule, tyče)			
Děrování			
Vystřihování			
Přistřihování			
Nastřihování			
Prostřihování			
Protrhávání			
Vysekávání			
Ostřihování			

Obr. 5 Základní přehled operací stříhání [3].

### 2.1.1 Fáze stříhání [3],[4],[12],[21],[28],[30]

Ke stříhu materiálu dochází působením smykového napětí vyvolaného dvojicí nástrojů, které jsou vedeny proti sobě. Během stříhání je materiál v místě stříhu vystaven tlakovému působení, které se zvyšuje z nuly až do překročení meze pevnosti. V tomto bodě dojde k oddělení materiálu. Stříhání má rychlý, rázový charakter.

Proces stříhání materiálu lze rozdělit do 3 fází, které jsou schematicky znázorněny na obr. 6. V první fázi je napětí ve stříhaném materiálu menší, než je jeho mez kluzu, a tím dochází pouze k pružné deformaci, způsobené dosednutím střížníku na stříhaný materiál. Druhá fáze nastává po překročení meze kluzu materiálu v tahu. Střížník vniká do materiálu a tím dochází k trvalé deformaci materiálu. Ke konci druhé fáze vzniká tzv. nástřih, kdy se objevují první trhliny v místě stříhu. Nastává třetí fáze, kdy dojde v místě stříhu k překročení meze pevnosti materiálu. Trhliny se postupně propojí a dojde k oddělení materiálu.



Obr. 6 Fáze stříhání [21].

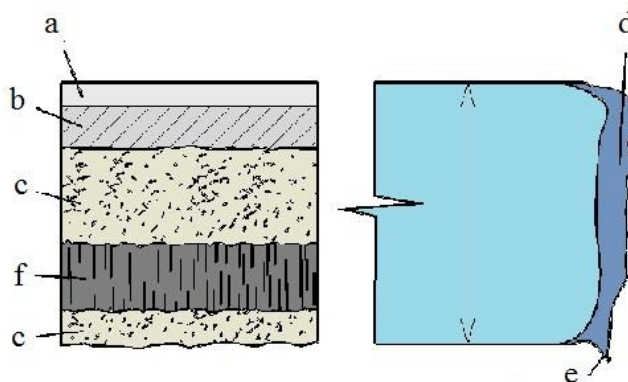
### 2.1.2 Střížná plocha a střížná vůle [3],[4],[12],[20],[21],[28],[30]

Místo, ve kterém dojde k oddělení materiálu stříhem je nazýváno střížná plocha. Tvar a kvalita střížné plochy je závislá na vlastnostech materiálu, velikosti střížné vůle, geometrii bříty nástroje, stavu napjatosti a rychlosti stříhacího procesu.

Střížná plocha vzniká z části lomem, a proto je také její kvalita zpravidla horší než u některých jiných technologií dělení materiálu.

Tato plocha je dělena na 4 oblasti, které jsou názorně označeny na obr. 7.

- Oblast zaoblení vstupní hrany vzniká zatlačováním čela pohyblivého nože střížníku do materiálu. Materiál je pěchován a zatím nedochází k plastickému stříhu.
- Oblast plastického stříhu je z hlediska kvality střížné plochy nejlepší. Vzniká plastickou deformací, kterou způsobuje břit tlačení do materiálu.



Obr. 7 Oblasti střížné plochy [12].

- Oblast lomu má při pohledu z řezu přibližný tvar písmene S. Působením smykového a tahového napětí dochází k porušení materiálu a k lomu. Označená oblast f) vzniká působením tření ve vystřihovacích.
- Oblast zpevnění vzniká deformací materiálu v okolí střížné plochy, což má za následek zpevnění a zhoršení tvářitelnosti.

Po ustřižení dochází na spodní hraně materiálu k otlacení a vzniku ostrého otřepu (e). Velikost otlacení závisí na úhlu čela spodního nože, velikost otřepu na otupení spodního nože a tvárnosti materiálu.

Jedním z nejdůležitějších faktorů, který má vliv na kvalitu střížné plochy, je střížná vůle. S ohledem na opotřebení a výdrž nástroje je snaha volit co nejmenší povolenou hodnotu střížné vůle. Správně zvolená hodnota střížné vůle způsobí setkání vznikajících trhlinek během stříhu a tím je zaručeno správné usmýknutí stříhané plochy.

Jakým způsobem je volbou vůle ovlivněna střížná plocha je ukázáno na obr. 8. Zvolení příliš malé střížné vůle má za následek nežádoucí nárůst střížné síly a tím i zvýšení práce potřebné ke stříhání. Příliš velká střížná vůle naproti tomu způsobuje vznik bočních sil, které mohou způsobit vzpříčení materiálu nebo vychýlení střížníku. V obou případech je zhoršována kvalita střížné plochy. Z toho důvodu je optimální střížná vůle volena tak, aby byla jakost povrchu co nejlepší.

Velikost optimální střížné vůle vzhledem k tloušťce plechu lze vypočítat podle vzorce:

- pro tenké plechy do 3 mm

$$v = 2 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot \tau_s} \quad (1.1)$$

- pro tlusté plechy nad 3 mm

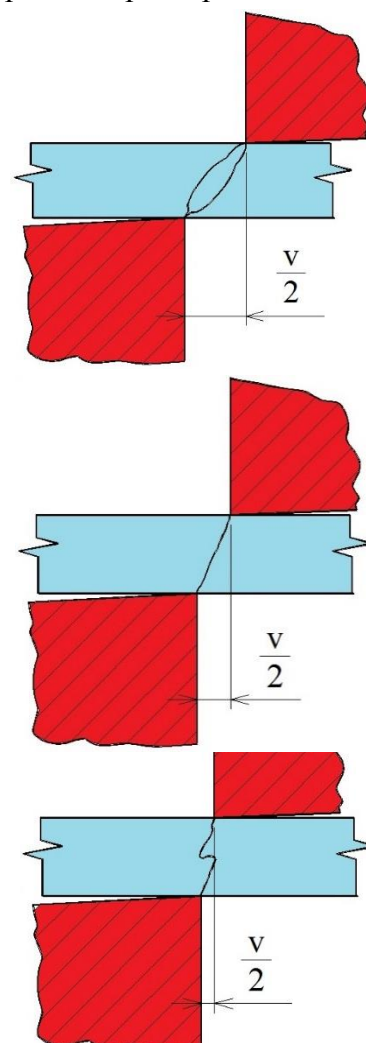
$$v = 2 \cdot (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{0,1 \cdot \tau_s} \quad (1.2)$$

kde:  $v$  - střížná vůle [mm]

$c$  - koeficient závislý na druhu stříhání (volí se mezi 0,005÷0,035) [-]

$s$  - tloušťka plechu [mm]

$\tau_s$  - pevnost materiálu ve stříhu [MPa]



Obr. 8 Vliv střížné vůle [3].

V praxi se volba optimální střížné vůle provádí z doporučených hodnot v tabulkách. Některé hodnoty střížných vůlí v závislosti na způsobu stříhání a tloušťce materiálu jsou uvedeny v tabulce Tab. 1.

Tab. 1 Volba velikosti střížné vůle [20]

Způsob stříhání	Tloušťka materiálu $s$ [mm]	Střížná vůle $v$ [%]
Běžné stříhání Děrování	< 0,2	0
	0,3÷3,0	10÷16
	3÷10	16÷20
	10÷20	20÷24
Hladké stříhání	< 3	4÷18
	3÷10	8÷12
	10÷20	12÷16
Stříhání a děrování hliníku	< 3	4÷8
	3÷10	8÷12



### 2.1.3 Střížná práce a síla [3],[4],[12],[21],[28],[30],[36]

Velikost střížné práce lze vypočítat ze vztahu:

$$A = k \cdot F_{s \max} \cdot s_s \quad (1.3)$$

kde:  $k$  – koeficient zaplnění plochy pod křivkou (volí se  $0,2 \div 0,75$ ) [-]

$F_{s \max}$  – maximální střížná síla [N]

$s_s$  – dráha stříhu (pro stříhání rovnými noži platí  $s_s = s$ ) [mm]

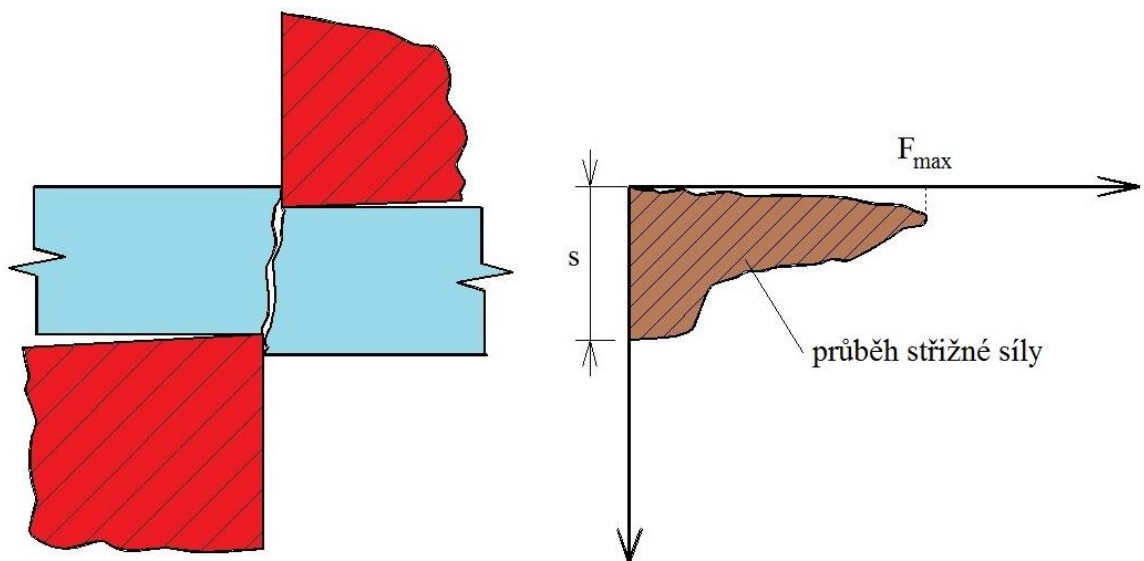
Pomine-li se vliv střížné vůle, je možné podle vzorce 1.3 ovlivňovat velikost práce nutné k ustřížení hlavně volbou materiálu a délkou stříhu. Hodnota koeficientu  $k$  roste s klesající tloušťkou plechu a se zvyšující se tažností. Práce je tedy ovlivňována převážně tloušťkou materiálu a velikostí maximální střížné síly, která je závislá na mezi pevnosti materiálu a velikosti střížné plochy, jak vyplývá z následujícího vzorce:

$$F_{s \max} = S \cdot n \cdot \tau_s, \quad (1.4)$$

kde:  $S$  – střížná plocha [mm<sup>2</sup>]

$n$  – koeficient zahrnující zejména vliv otupení nástroje zvyšující střížnou sílu ( $1,25 \div 1,5$ ) [-]

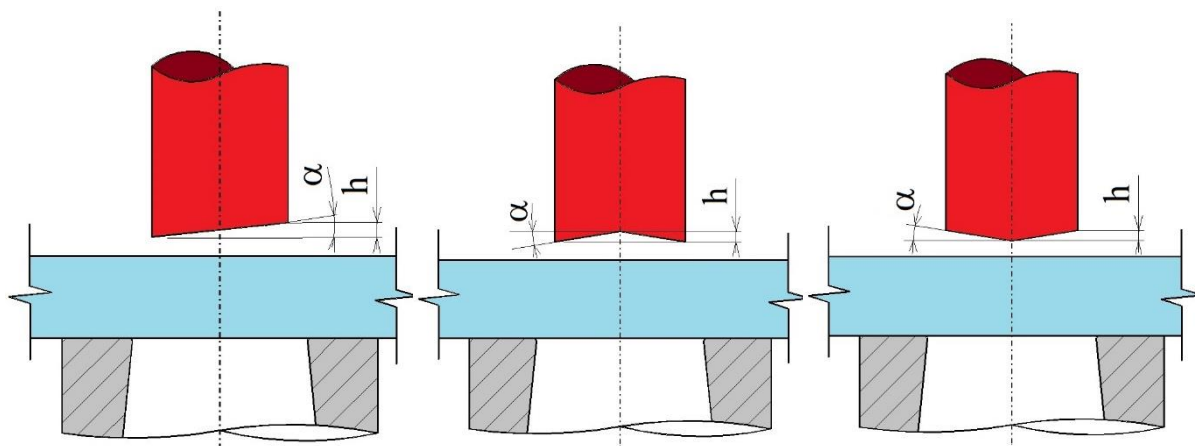
$\tau_s$  – pevnost materiálu ve stříhu [MPa]



Obr. 9 Průběh střížné síly [21].

Průběh střížné síly pro stříhání rovnými noži je zobrazen na obr. 9. Na počátku stříhu, kdy dochází k elastické deformaci, síla prudce vzrůstá. Maximální hodnoty střížné síly je dosaženo v okamžiku vzniku lomu. V momentě vzniku trhlinek v materiálu nastává mírný pokles síly, který je následován prudkým poklesem síly v důsledku ustřížení materiálu. Následující průběh v poslední fázi diagramu odpovídá již pouze třecím silám mezi ustříženými plochami a střížníkem procházejícím otvorem ve střížnici.

Je důležité zmínit, že vzorec 1.4 platí pouze pro stříhání s přímými noži. Při stříhání tlustých materiálů a velkých výstřížků jsou používány úpravy střížníků (popř. i střížnic) za účelem snížení střížné síly. Na obr. 10 jsou vidět používané úpravy nástrojů. Skloněné ostří má za následek odstranění prudkého nárůstu a poklesu síly.

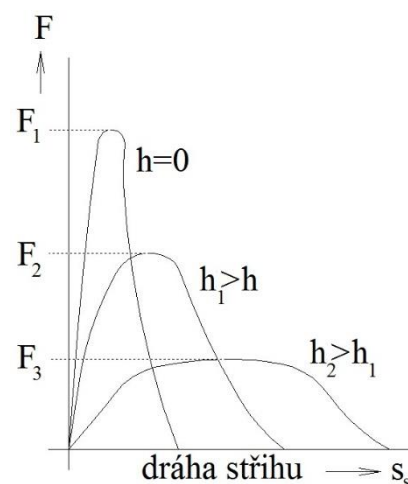


Obr. 10 Úpravy sklonu ostří střížníků [21].

Na obr. 11 je znázorněn vliv výšky zkosení na průběhu střížné síly. Průběh střížné síly  $F_1$  platí pro nástroj s přímými noži. Průběhy  $F_2$  a  $F_3$  zobrazují průběh síly pro nástroje se zkosenou hranou. Je zřejmé, že větší zkosení má za následek snížení střížné síly a „vyhlazuje“ její průběh za cenu prodloužení dráhy stříhu  $s_s$ . Stříhání se zkosenými noži výrazně snižuje rázy, avšak práce potřebná ke stříhání se nemění. Doporučené hodnoty výšek a úhlů zkosení, které zajistí snížení střížné síly o 30 % až 60 %, jsou v následující tabulce.

Tab. 2 Doporučené hodnoty zkosení střížných hran. [21]

Tloušťka plechu	$h$ [mm]	$\alpha$ [°]
$s \leq 3$	$h \leq 2s$	$\alpha \leq 5$
$s > 3$	$h = s$	$\alpha \leq 8$



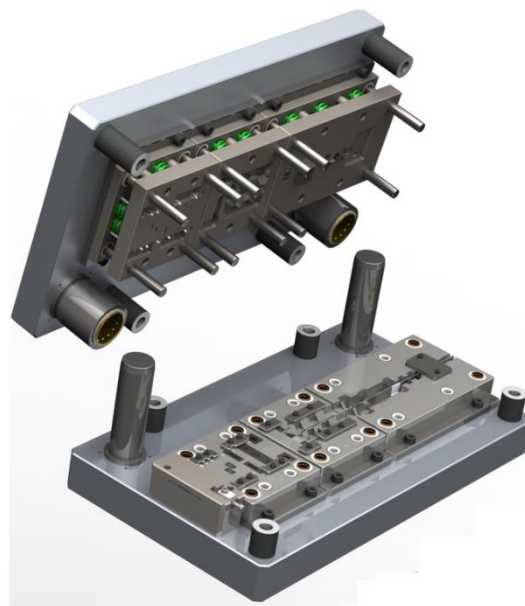
Obr. 11 Průběh střížné síly [36]

## 2.2 Nástroje pro vysekávání plechu [14],[15],[35],[42]

Na rozdíl od stříhání, které využívá stříhadel zkonstruovaných většinou pro jednu specifickou činnost (např. postupová stříhadla), jsou nástroje pro vysekávání univerzálnější, menší a také jsou uzpůsobeny k výměně z revolverových zásobníků, která je u CNC vysekávacích lisů automatizována. Na obr. 12 a 13 je vidět porovnání postupového stříhacího nástroje a multifunkčního vysekávacího nástroje.



Obr. 12 Multifunkční vysekávací nástroj [15]



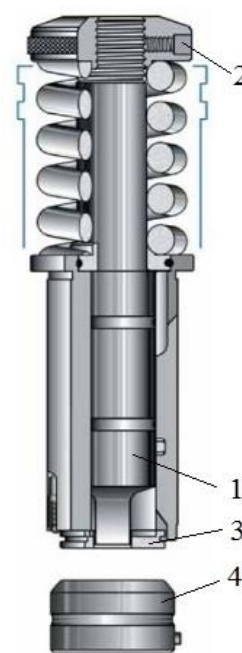
Obr. 13 Postupové stříhadlo [14]

### 2.2.1 Konstrukce vysekávacího nástroje [7],[37],[40],[35],[42]

Vysekávací nástroje se skládají ze čtyř hlavních částí, a to z razníku (poz. 1), upínacího kroužku (poz. 2), stěrače (poz. 3) a matrice (poz. 4), zobrazených na obr. 14 a 15.

Razníky jsou vyráběny z rychlořezné oceli. Konstrukce razníků je obdobná jako u střížníků. Horní část je zakončená upínacím trnem. Opačná strana razníku je zakončena střížnou hranou, která má tvar uzavřené křivky. Příklady tvarů razníků jsou znázorněny v příloze 1. Používají se pro děrování, sekání nebo značkování, a jsou na pevně upnuty v upínacích kroužcích. Celá sestava je dále spojena s beranem upínacím trnem. Tento druh vysekávacího nástroje je dodáván v sadách, protože tvaru a velikosti razníku musí odpovídat rozměry matrice a stěrače. Trvanlivost razníků lze zvýšit např. povlakováním.

Upínací kroužky slouží k uchycení razníku v tzv. nulové poloze. Navíc přenáší střížnou sílu do razníku. Sestava razník-kroužek se pak upíná do nástrojového přípravku. Ten může být ve formě konzole (obr. 15), nebo ve formě trnu (obr. 14). Konstrukce se liší v závislosti na výrobci, avšak hlavní části a jejich funkce zůstávají stejné.



Obr. 14 Vysekávací nástroj typu Thick Turret [7]



Stěrače slouží v první řadě k „setření“ vysekávaného materiálu z razníku. Po vyseknutí, kdy je nástroj v dolní úvrati, má materiál tendenci se smršťovat vlivem způsobeného napětí a nástroj může při návratu do horní úvrati v materiálu uvíznout. Dále má stěrač další vedlejší funkce, jako např. přidržování nebo rovnání materiálu.

Matrice je protikus razníku. Její konstrukce odpovídá tvaru razníku s přidanou střižnou vůlí. Má stejnou funkci jako střižnice u stříhadel. Dále se používají tzv. aktivní matrice, které nemají stříhací ani sekací funkci, ale používají se k tvarování, ohýbání nebo válečkování. K těmto matricím je nutné použít odpovídající nástroj, zaujímající pozici razníku.



Obr. 15 Vysekávací nástroj typu Trumpf [37]

Celá sestava vysekávacího nástroje je umístěna v nástrojovém zásobníku. Při výměně nástroje je razník spolu s upínacím kroužkem a stěračem upnut do sekací hlavy, zatímco matrice je upnuta v pohyblivém stole stroje.

## 2.2.2 Typy nástrojů [40],[29],[37],[26],[35],[42]

Jak již bylo řečeno, moderní CNC vysekávací stroje nejsou omezeny pouze na vysekávání, ale nabízí širokou škálu dalších tvářecích funkcí. Umožňují lemovací, ohybové, válečkovací, zapouštěcí a protahovací operace. Je dokonce možné použít nástroj pro



Obr. 16 Značkovací nástroj [40]

tváření závitů. Tím lze dosáhnout kompletního zpracování dané součásti ze stavu polotovaru (tabule plechu) až do konečného stavu výrobku, a to na jedno upnutí. Některé vybrané nástroje jsou znázorněny na obr. 16 až 20.



Obr. 17 Multifunkční nástroj [29]

Na obr. 17 je znázorněn multifunkční vysekávací nástroj, který je schopný nést až pět různých vysekávacích kombinací nástrojů. Ty jsou však rozměrově omezeny. Nástroj může být vybaven soustavou kartáčků, které zabraňují poškrábání materiálu o plochu matrice. Počet slotů pro nástroje může být různý, od 4 až do 10 typů nástrojů.



Obr. 18 Dělicí nástroj [29]



Obr. 19 Vysekávací nástroj – šestihran [29]



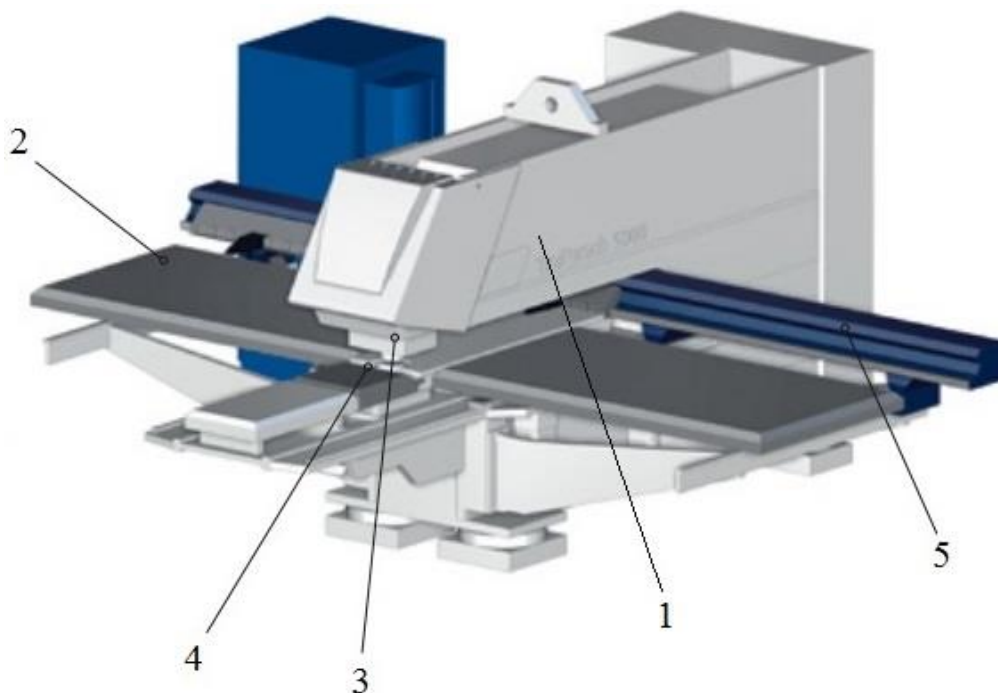
Obr. 20 Válečkovací nástroj [26]

Na obr. 18 je vidět konstrukci nástroje pro stříhání a dělení materiálu. Používá se pro dlouhé rovné obvodové kontury. Pro vysekávání vnitřních geometrií se používají nástroje tvarové. V této oblasti existuje skutečně obrovská řada druhů tvarově rozdílných nástrojů. Nejčastěji se používají čtvercové, obdélníkové nebo trojúhelníkové nástroje. Dají se používat také univerzálními metodami, např. zaoblené čtvercové nástroje se vyrábí tak, aby každá strana měla jiný rádius. Tím je nástroj možné použít pro 4x více operací, než kdyby bylo zaoblení všech stran stejné. Šestihranný tvarový vysekávací nástroj je znázorněn na obr. 19.

Kromě těchto standardních nástrojů se používají také speciální tvářecí nástroje. Tyto nástroje také pracují se speciálními tvářecími matricemi. Na obr. 20 je vidět válečkovací nástroj s upínáním typu Thick Turret, který slouží k vytváření osazení po obvodu hran plechu. Jiné typy válečkovacích nástrojů mohou sloužit např. k odjehlování ostrých hran nebo vytváření prolisů a kanálů. Dále se používají např. nástroje pro tváření závitů a ohýbání.

## 2.3 Stroje pro vysekávání plechu [36],[39],[38],[6],[41]

Vysekávání plechu se provádí na CNC vysekávacích automatech. Konstrukce jednotlivých strojů se mohou lišit v závislosti na technologii výroby. Nejčastěji se však používají stroje s pevnou sekací hlavou a pohyblivým stolem. Hlavní části vysekávacího automatu jsou zobrazeny na obr. 21.



Obr. 21 Hlavní části vysekávacího automatu [36]

Nejvýraznějším konstrukčním prvkem, kterým se mohou jednotlivé stroje od sebe lišit, je konstrukce rámu (poz. 1). Rámy se vyrábí ve dvou různých provedeních, a to ve tvaru písmen „C“ a „O“. Výhodou „C“ rámu, který využívají například stroje firmy Trumpf (obr. 21), je otevřená přední část stroje, což umožňuje volnější pohyb tabulí plechu a snadnější přístup. Rámy tvaru „O“ jsou vzhledem ke spojitě konstrukci tužší, a dokáží lépe absorbovat síly vznikající při vysekávání.

Vysekávací hlava (poz. 3) je upnuta v rámu stroje a vykonává vratný pohyb přenášený na razník. Pohyb beranu může být konán buď hydraulickým, nebo servo-elektrickým pohonem. Na obr. 23 je zobrazena vysekávací hlava, poháněná dvěma elektromotory. Beran je vybaven dvěma protiběžnými závity, každý pro jeden elektromotor. Vzájemným působením obou motorů je dosaženo vratného pohybu a natáčení hlavy v ose beranu. Ve stole stroje (poz. 2) je naproti vysekávací hlavě je upnuta matrice (poz. 4).



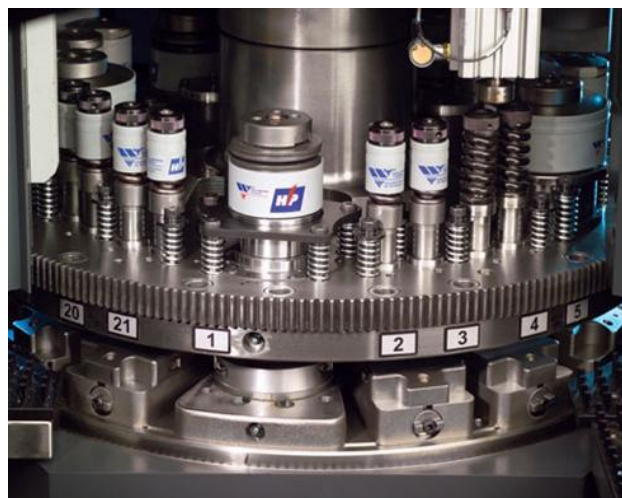
Obr. 22 Lineární nástrojový zásobník [38]



Obr. 23 Vysekávací hlava [39]

Vysekávací automaty jsou dále vybaveny nástrojovými zásobníky (poz. 5). Ty mohou být ve formě lineárních zásobníků pro konzolové sestavy nástrojů typu Trumpf (obr. 22), nebo jako rotační revolverové zásobníky, které jsou přímo součástí vysekávacích hlav pro nástroje typu Thick Turret (obr. 24).

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny vysekávací automaty s rozdílnou konstrukcí rámu.



Obr. 24 Revolverový zásobník [6]



Obr. 25 Vysekávací automat s rámem typu „O“ (nahore) a rámem typu „C“ (dole) [6],[41]

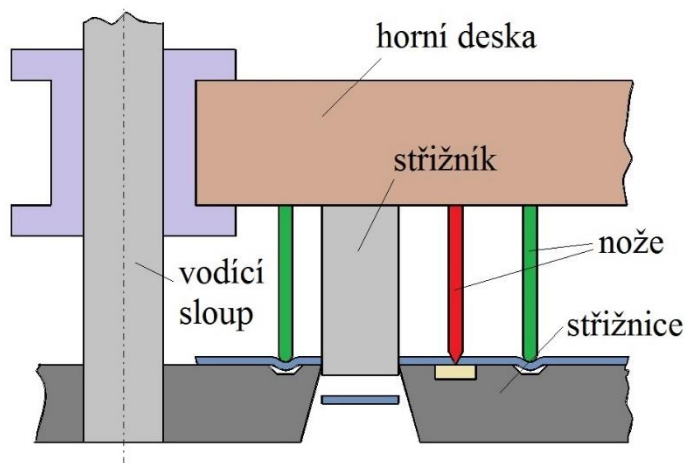


### 3 VYSEKÁVÁNÍ LEPENKY [22],[23][24],[1]

Vysekávání lepenky lze provádět dvěma druhy nástrojů, které pracují na dvou základních principech, a to:

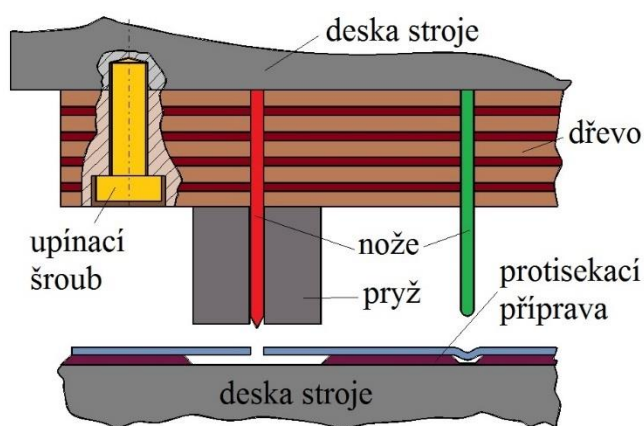
- blokové nástroje – princip stříhu
- planžetové nástroje – princip řezu

Blokové nástroje pracují na stejném principu jako nástroje pro vysekávání plechu. Konstrukčně jsou velmi podobné postupovým stříhadlům, jak je vidět na obr. 26. Nástroj má základní desku, která má funkci střížnice a v ní jsou zakotveny vodící sloupky. Ty zajišťují vedení horní desky proti spodní části nástroje. Základní deska je upravena pro rýhování frézováním kanálků. Pro sekání, jako u planžetového nástroje, je proti noži osazena podložka z měkkého kovu. Dále jsou v nástroji zabudované průstřížníky, které sekají proti střížným hranám v matrici nástroje, a odpad propadává otvorem ve spodní desce.



Obr. 26 Blokový vysekávací nástroj [22]

Tyto nástroje jsou velmi přesné, výměna soustavy nástroje je rychlá a nože je možné přebrušovat. Naproti tomu jsou tyto nástroje však velmi drahé a používají se jen pro velmi velké a opakující se sériové výroby u kombinovaných vysekávacích strojů.



Obr. 27 Planžetový vysekávací nástroj [22]

Planžetové nástroje pracují na principu řezu a jsou jednodušší. Skládají se z desky, která se vyrábí nejčastěji z překližky, ale používají se i slitiny lehkých kovů nebo plasty. Do desky jsou pomocí CNC laseru propáleny drážky, do kterých je vsazena nožovina. Nože jsou ve formě jednostranně zbrošené pásovin z nástrojové oceli. Kromě nožů se do planžety osazují i různé další tvarovací nástroje, které budou detailněji popsány dále v práci.

Na rozdíl od blokových nástrojů je však nutné k planžetám vyrábět zvlášť nástroje pro vylupování, které zvyšují celkovou cenu nástroje. Ta je však i se všemi ostatními částmi nástroje výrazně nižší, než je cena blokového nástroje.

V následující tabulce jsou porovnány výhody a nevýhody obou typů nástrojů. Je zřejmé, že blokové nástroje jsou z hlediska kvality a životnosti lepší než nástroje planžetové. Avšak s ohledem na to, že konečným výrobkem jsou většinou obaly a kartonové krabice, není nutné požadovat nijak velké nároky na přesnost a kvalitu výseku. Proto se v praxi nejčastěji používají nástroje planžetové. Jejich výroba je podstatně levnější, rychlejší a kvalita výseků je dostačující.

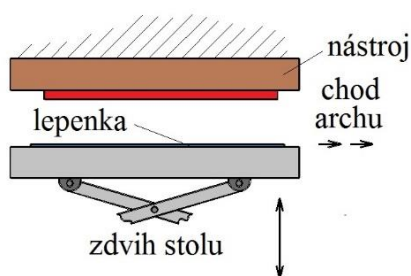
Tab. 3 Porovnání výhod a nevýhod nástrojů pro vysekávání lepenky [22]

	Životnost	Výkon	Rozměry [mm]	Přesnost	Výlup	Cenový poměr
Blokový nástroj	<b>2,5 - 5 mil. cyklů</b>	$\pm 175$ cyklů/min.	max. $\pm 500 \times 700$	<b>vysoká</b>	<b>zabudovaný</b>	podle rozměrů nástroje <b>30:1 – 50:1</b>
Planžeta	300 – 500 tis. cyklů	<b><math>\pm 200</math> cyklů/min.</b>	<b>max. <math>\pm 2000 \times 1400</math></b>	nižší	nástroj zvlášť	

### 3.1 Funkce a konstrukce planžetového nástroje [22],[23],[1],[24]

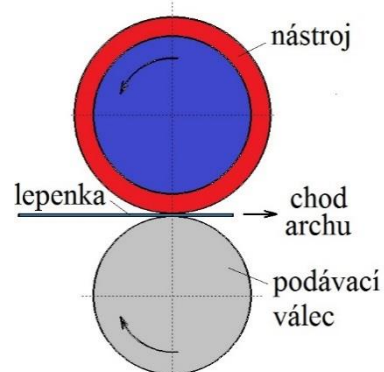
Tyto nástroje pracují na principu řezu. Planžetové nástroje jsou oproti postupovým stříhadelům snadněji a levněji vyrobitelné. Podle charakteru pohybu jsou vysekávací nástroje děleny na rotační, plošné a kombinované soustavy. Na obr. 28 až 30 jsou tyto soustavy schematicky znázorněny.

- Rotační soustavy se skládají ze dvou proti sobě umístěných rotujících válců. Spodní válec zajišťuje pohyb archu materiálu, horní válec je rotační planžetový nástroj osazený nožovinou.

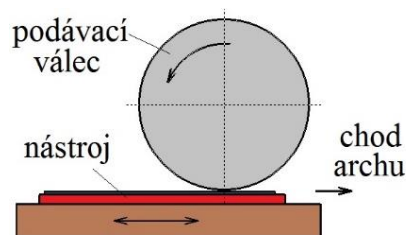


Obr. 29 Plošná soustava [22]

- Plošné soustavy využívají rovinných planžetových nástrojů, které jsou upnuty v horní části stroje střížnou hranou dolů. Proti nim je veden po holé desce stroje arch lepenky. Vratný pohyb může vykonávat jak nástroj, tak deska stroje.
- Rovinné planžety mohou být také umístěny ve spodní části stroje na posuvném stole. Proti nim je veden rotující válec, který zajišťuje pohyb a přitlačení archu na nástroj. Tato soustava se nazývá soustavou kombinovanou. Většinou se používají v malých ručních strojích pro vysekávání malých archů a jednoduchých užitků.



Obr. 28 Rotační soustava [22]



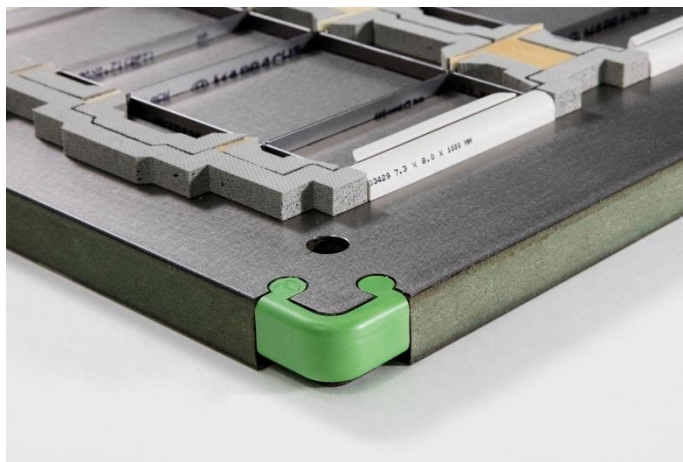
Obr. 30 Kombinovaná soustava [22]

Pozn.: V obalové terminologii se jeden výrobek z lepenky (krabíčka) nazývá užitkem. Dále v práci bude používán tento termín.

### 3.1.1 Konstrukce planžetového nástroje [24],[25],[1],[9],[16],[45],[33],[11],[43],[19],[20],[10]

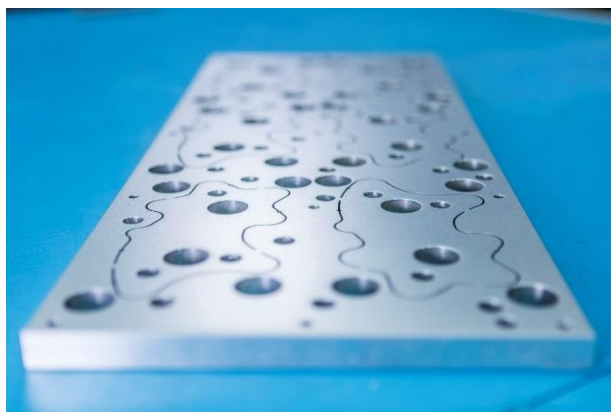
Nejzákladnější druh funkčního planžetového nástroje se skládá pouze ze dvou hlavních částí, a to nosné desky a nožoviny. Dá se použít pro ruční nebo strojní vysekávání nejzákladnějších tvarů a konstrukcí, např. karet nebo narozeninových přání. Nástroje pro vytváření složitějších výseků jsou vybaveny různými dalšími sekacími a tvářecími přípravky. Obvykle se nástroj skládá z těchto hlavních částí :

- Nosná deska je základní částí celého nástroje. Nejpoužívanějším materiálem pro tento druh nástrojů jsou desky z břízové překližky. Jsou stabilní, levné a mají dobrou tuhost. Tloušťka desek závisí na druhu vysekávaného materiálu. Pro hladkou lepenku se obvykle používají desky o tloušťce 18 mm, pro vlnitou lepenku nebo jiné tlustší materiály pak překližka o tloušťce 15 mm. V menším měřítku se používají i desky o jiných tloušťkách.



Obr. 31 Greenplate deska vyztužená plechem [25]

Trendem posledních let je nahrazování překližky alternativními, ekologicky šetrnějšími materiály, jako je např. „greenplate“ (obr. 31), vynalezený německou firmou Marbach. Tento materiál se skládá přibližně ze 30 % čisté dřevěné složky (bříza) a 70 % materiálu je tvořeno dřevěným odpadem a druhotnými ekologicky přátelskými surovinami. Tyto materiály se pevnostně vyrovnají překližce a nabízejí dokonce lepší možnosti pro další technologické úpravy nástrojů. Pro vyšší pevnost a odolnost se deska dá vyztužit potažením vnějších ploch ocelovým plechem. Nástroj má pak mnohem vyšší životnost, ale je dražší.



Obr. 32 Hliníková deska [25]

Ve výjimečných případech se pro nosné desky používají kovové nebo plastové materiály. Z kovových se např. používají hliníkové desky pro vysekávání plastových materiálů za tepla, a to kvůli jejich dobré tepelné vodivosti (obr. 32). Plastové desky (např. duramar, plexisklo nebo permaplex) se používají pro vysekávání v náročných prostředích kvůli vyšší odolnosti.

- Nože jsou vyrobeny z válcové páskové zušlechťené oceli o tvrdosti v rozmezí 35-60 HRC, výšce standardně 23,8 mm a tloušťce 0,5-1,4 mm. Horní hranu nože tvoří břit, který je upraven podle toho, jakou funkci nůž vykonává. Spodní hrana nože je osazena vyseknutými drážkami, které zapadají do spojných můstků v desce nástroje.



Obr. 33 Sekací nože v desce [16]



Obr. 34 Spojné můstky [45]

Tyto můstky vznikají přerušením paprsku laseru při pálení obvodu užítku do desky nástroje a mají dvojí funkci. Zajišťují nožovinu v nástroji proti vytažení a fungují jako spoj materiálu desky u vnitřních částí nástroje, které by bez nich samovolně po výpalu vypadly. Funkci spojných můstků lze lépe pochopit z obr. 33 a 34.

Tloušťka nožoviny se v tomto oboru označuje pomocí tzv. bodové stupnice, kdy jeden bod tloušťky nože odpovídá 0,355 mm. Jednotlivé nože jsou potom označovány jako 2pt. (zkr. point), 3pt. atd. Volba tloušťky nože závisí na vysekávaném materiálu ale také na tvarové náročnosti formy. Například tlustší nože mají pochopitelně horší tvářecí a ohybové možnosti, a proto není vhodné je používat u malých členitých forem. Obecně se pro vysekávání hladké lepenky používají 2pt. nože, pro vlnitou lepenku 3pt. a pro rotační nástroje 4pt. Výjimečně se používají i jiné tloušťky, např. 1,5pt. nebo 6pt. Základní charakteristické vlastnosti různých typů nožů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 4 Vlastnosti nožoviny pro tvrdost 41 HRC. [33]

41 HRC	Min. rádius ohybu	Min. úhel ohybu	Tloušťka
2 pt.	0,35 mm	80°	0,71 mm
3 pt.	0,5 mm	90°	1,05 mm
4 pt.	1 mm	90°	1,42 mm

Sekací nože jsou dále děleny podle tvaru ostří. Používají se nože s centrálním nebo se stranovým ostřím. Pro vysekávání tvrdých a tlustých materiálů se používají speciálně upravené nože s dvojitým úkosem, viz. obr. 35.



Obr. 35 Profily sekacích nožů [11]

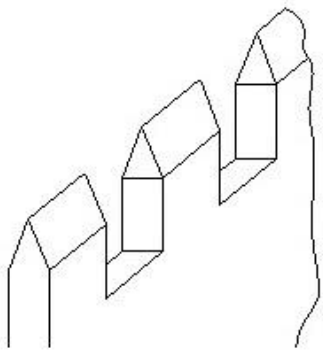
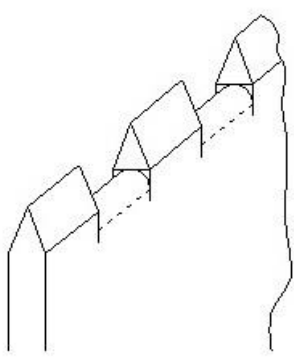
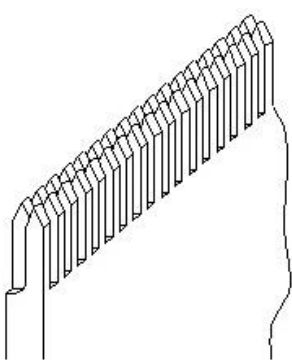
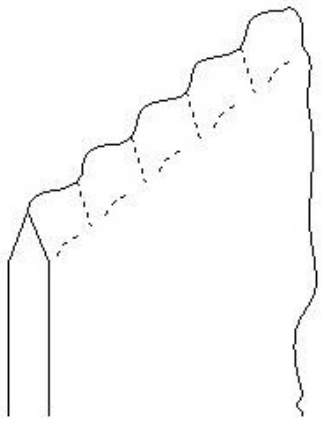
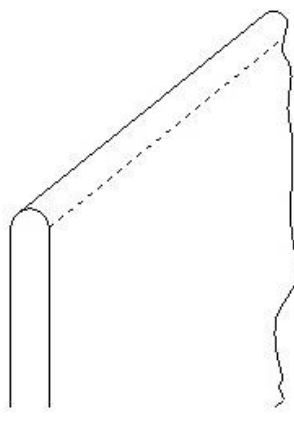
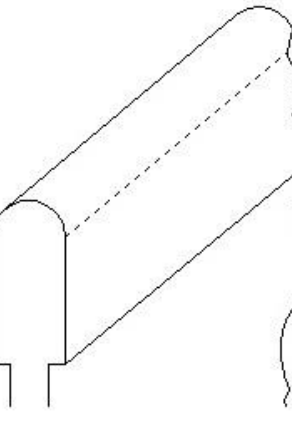




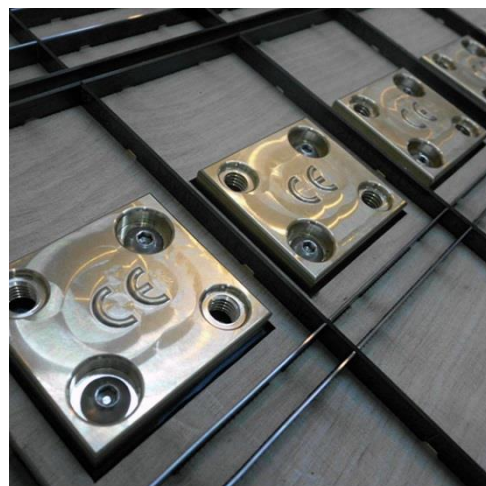
U vyšších požadavků na výdrž a zpracovatelnost nožoviny se používají nože speciálně tepelně upravené. Špička nože se vytvrzuje kalením kvůli delší životnosti. Tělo nože se naopak na povrchu oduhličuje, aby se dosáhlo lepší tvárnosti. Na planžetových nástrojích se používá obvykle více druhů sekacích nožů. Kromě sekacích nožů se používá celá řada dalších typů nožoviny. Jejich základní přehled a způsoby využití jsou v tab. 5.

Obr. 36 Řez nožovinou [43]

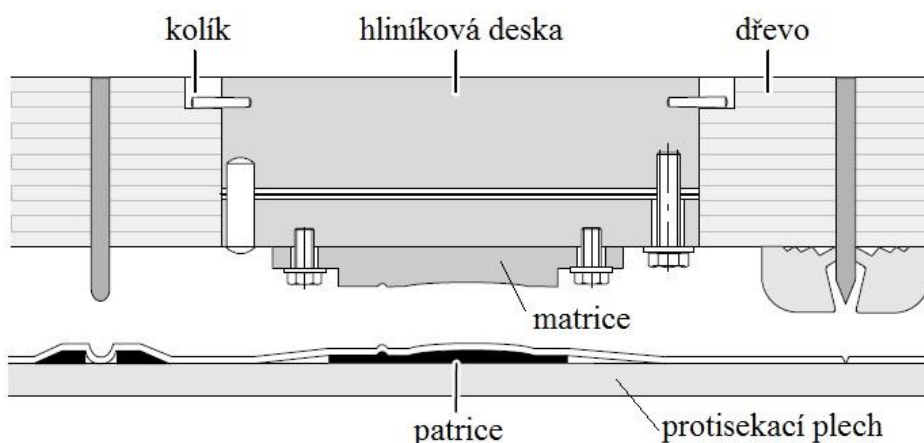
Tab. 5 Přehled nejčastěji používaných nožů a rillů

		
Perforační nůž	Kombi-perforační nůž	Zdrsňovací nůž
Trhací linky a negativní ohyby	Ohybové trhací linky a negativní ohyby	Porušení povrchu pro lepší přilnavost adheziv
		
Vlnitý nůž	Rill	Rozšířený rill
Estetické účely Rotační nástroje	Ohybové linky	Ohybové linky tlustých materiálů

- Razicí prvky jako je braillovo písmo a slepotisk se používají k vytvoření prostorového prolisu lepenky, například u krabiček na léky nebo bonboniér. Vytváří se pomocí dvoudílného přípravku, který se skládá z matrice a patrice. Matrice je součástí vysekávacího nástroje a patrice je připevněna k protisekáci přípravě. Princip funkce je zobrazen na obr 38 . Nástroje pro ražbu se vyrábí nejčastěji frézováním do desky z měkkého kovu. Patrice pro braillovo písmo se vyrábějí z plechu prolisováním teček, které tvoří hotový nápis. Matrice jsou vyráběny pro univerzální použití se všemi zahluubeními, nejčastěji z plastu. K desce jsou připevněny pomocí speciálních upínacích kolíků.

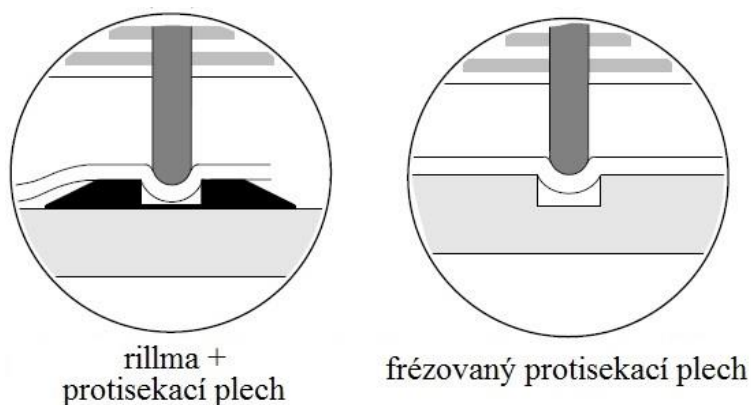


Obr. 37 Matrice ražby [19]



Obr. 38 Princip funkce razících prvků ve vysekávacím nástroji [1]

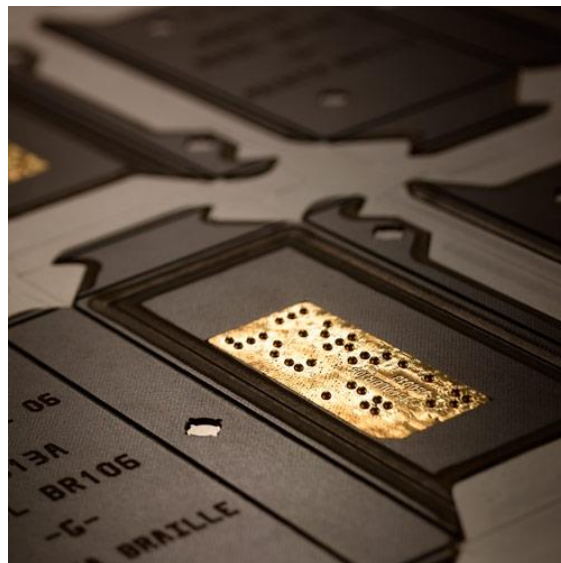
- Protisekáci příprava se používá pro zlepšení jakosti ohybových linek a pro ukotvení patric pro braille a ražbu. Nejpoužívanější typy přípravy jsou frézované protisekáci plechy a pertinaxová rill-matrice. Úkolem protisekáci přípravy je zlepšit kvalitu ohybu tak, že je jako protikus rillovacím nožům vyrobena matrice z plastu nebo oceli. Matrice má vyfrézované kanálky, do kterých je materiál vtlačován, jak je vidět na obr. 39. Pokud rill vytváří ohybovou



Obr. 39 Protisekáci příprava [1]

linku v materiálu proti rovné desce stroje, resp. bez protisekáci přípravy, materiál nemá možnost „uhýbat“ tlaku, a ohyb je nekvalitní. Vytvořením vhodně velkého kanálu, do kterého může být materiál rillem vtlačován, se značně zlepší vlastnosti ohybových linek

Pertinaxová matrice (používá se zkr. rillma, obr. 40) se vyrábí pro každý jeden užitok zvlášť. Jedná se o plochou tvarovou matici, která musí odpovídat tvaru vysekávaného užitku, resp. musí být protikusem vysekávacího nástroje. Je vyrobena tak, aby se vyhýbala všem sekacím nožům a zároveň měla vyfrézovaný kanál pro všechny rillovací nože. Vyrábí se z plastového materiálu o různých tloušťkách (0,4-1 mm) tak, aby hloubka kanálu byla vždy o 0,1 mm nižší, než je tloušťka rillmy. Rozměry kanálu se volí podle druhu materiálu a velikosti rillovacích nožů. Rillma se do stroje přilepuje lepidlem proti vysekávacímu nástroji, buď přímo na spodní desku stroje, nebo na čistý protisekací plech.



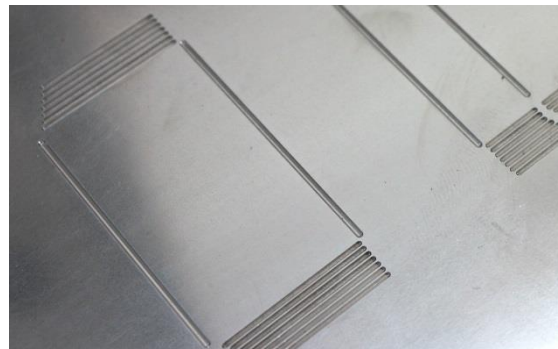
Obr. 40 Pertinaxová matrice [20]

Druhou nejpoužívanější variantou je výroba frézovaného protisekacího plechu (obr. 42). Princip funkce je stejný. Plech se však vyrábí pouze jako jedna celistvá deska, do které jsou vyfrézovány kanálky pro všechny rilly všech užitků celého nástroje. Důležitým rozdílem mezi pertinaxovou maticí a plechem je, že sekací nože nesekejí do desky stroje, ale do plechu. Z toho důvodu je nutné, aby výška rillu odpovídala výšce nože, na rozdíl od pertinaxu. Použití plechu je přesnější, vydrží přibližně 4x více zdvihů než pertinax a zrychluje jak přípravu stroje k výrobě, tak i samotnou výrobu. Nevýhodou jsou však vyšší pořizovací náklady.

Kromě těchto dvou zmíněných metod se pro malé série a kusové výroby používá samostatných protisekacích kanálků. Tyto se nasunou na rillovací nože na planžetě a prvním sekem naprázdno se přilepí na spodní desku stroje. Po nalepení se odstraní horní část, která funguje pouze jako pouzdro k udržení kanálu na rilovacím noži. Dále fungují na stejném principu jako rillma a plech.



Obr. 41 Samostatné rillovací kanály [10]



Obr. 42 Frézovaný protisekací plech [34]

➤ Vyhazovací gumy se olepují okolo sekacích nožů a slouží k odpružení lepenky, která by se po výseku mohla zaseknout v nástroji. U vlnité lepenky má navíc stlačující efekt, který zlepšuje kvalitu a pevnost hran výseku. Tvrdost a vlastnosti gumy se zpravidla rozlišují barvou. Ve výjimečných případech se kromě gumy používá korek. Existuje rozsáhlá řada typů gum a jednotlivých způsobů olepování, kterými se nemá v rámci práce smysl zabývat. Ukázka olepení plošného a rotačního vysekávacího nástroje jsou na obr. 43 a 44.



Obr. 43 Olepení sekacích nožů pryžovými vyhazovači [9]

### 3.1.2 Rotační planžetové nástroje [31],[1],[24]

U tohoto typu sestavy je planžetový nástroj připevněn k rotujícímu válci, a má tedy tvar rádiusu. Nástroj může mít velikost maximálně poloviny obvodu vysekávacího válce.

Nože souosé s válcem (axiální) jsou rovné, nože kolmé na osu válce (radiální) mají tvar oblouku. Délky linek radiálních nožů se musí krátit redukčním koeficientem, protože linky pro osazování nože jsou vypáleny na průměru válce  $R_1$ , kdežto nože osazené v planžetě vyčnívají nad tento průměr a vymezují rozměr  $R_2$ . Způsob výroby i osazování nožoviny je obdobný, jako u ploché soustavy nástrojů.

Redukční koeficient  $K_R$  je počítán ze vztahu

$$K_R = \frac{R_1}{R_2} \quad [-] \quad (3.1)$$

kde:  $R_1$  – poloměr nástrojového válce a tloušťky překližky [mm]  
 $R_2$  – poloměr nástrojového válce a výšky nože [mm]



Obr. 44 Rotační planžetový nástroj [31]

Přítlačný válec bývá potažen povlakem z pryže nebo měkkých plechů a plastů a vyrábí se o průměrech větších nebo menších, než je válec s nástrojem, a to kvůli prodloužení životnosti. Pokud by oba válce měly stejný průměr, nože by sekaly při každé otáčce do stejného místa a tím by docházelo k rychlejšímu opotřebování podávacího válce.

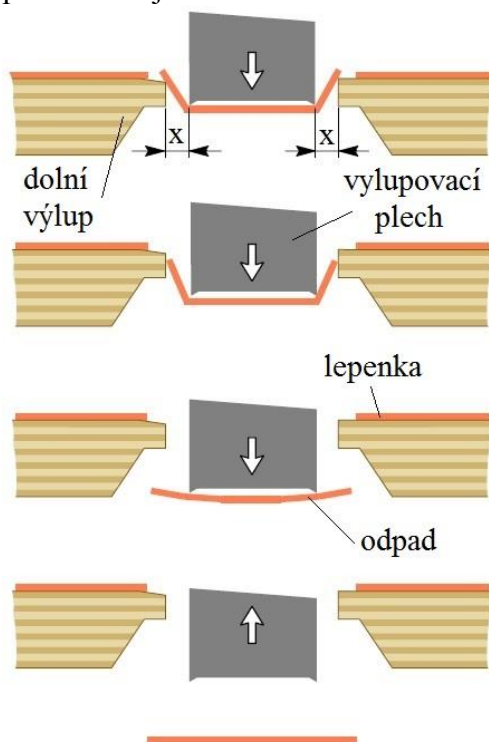
Matricová rillovací příprava funguje obdobně jako u plochých soustav. Na přítlačném válci jsou vytvořeny rillovací kanálky, do kterých je vtlačována lepenka. Přítlačný válec musí mít v tomto případě stejný průměr jako vysekávací válec.

Tento typ soustavy umožňuje vyšší výkony vysekávání než sekání s plochým nástrojem. Je však méně přesné, a proto se používá spíše pro tlustší plné a vlnité lepenky.



### 3.2 Vylupovací nástroje [24],[1],[24],[25],[17]

Po vyseknutí je nutné, aby arch lepenky držel stále pohromadě a bylo možné jej dále posouvat strojem. Proto se na sekacích nožích, které jsou společné pro dva užitky brousí drážky, tzv. broušené můstky. Ty fyzicky vytvoří na sekací lince, která by oddělila dva užitky od sebe, neprosekutá místa. Díky nim celá sestava výseků drží pohromadě průchodem stroje až do chvíle, kdy jsou jednotlivé užitky buď ručně nebo strojně odděleny. Způsob, jakým tyto můstky drží arch a výseky pohromadě je vidět na obr. 45.



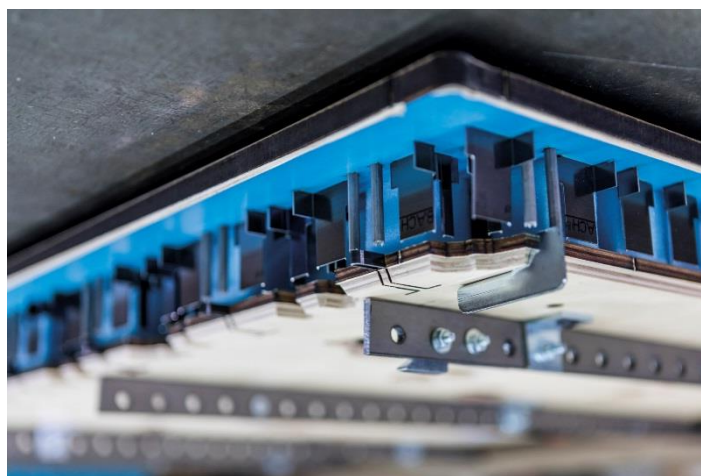
Obr. 46 Funkce výlupu [1]

Vylupovací nástroje jsou vícedílné v závislosti na používaném stroji, materiálu a tvaru sestavy užiteků. Obvykle jsou používány dvoudílné vylupovací nástroje, složené z horního a spodního výlupu. Spodním výlupem je myšlena matrice, kterou tvoří dřevěná deska s otvory v místech odpadů. Horní výlup má funkci patrice. Je také tvořena dřevěnou deskou, do které jsou osazeny vylupovací kolíky a plechy. Tyto vylupovací prvky odpovídají pozicně místům, kde jsou umístěny odpady v archu a díry ve spodním výlupu. Při zdvihu stroje je odpad protlačen horním výlupem skrz otvory spodního výlupu a vypadává dolů ze stroje ven. Arch zbavený odpadů se posouvá strojem dál a na jeho místo je přiveden

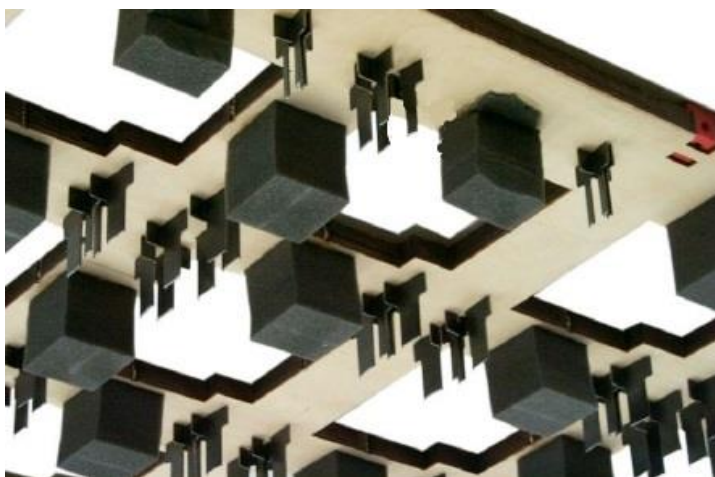
Seskládáním jednotlivých užiteků jakýmkoliv způsobem do rozměru archu lepenky vznikají menší či větší plošky odpadu. Tyto odpady by po výseku vypadly z archu a volně by se pohybovaly v pracovní oblasti stroje, což je samozřejmě nežádoucí. Proto jsou i sekací nože, které tvoří obvod budoucího odpadu vybaveny broušenými můstky. Tento odpad je poté nutno z archu fyzickou silou odstranit. U malých sérií a strojů se vylupování odpadu provádí ručně nebo ruční vylupovačkou. U velkých zakázek by však bylo značně neefektivní, a proto se za vysekávací nástroj upíná nástroj pro vylupování. Funkce vylupování odpadu je na obr. 46. Důležité je správně zvolit rozměr  $x$  (1,5-3 mm) úměrně tloušťce materiálu. Příliš malá vůle by mohla způsobit zaseknutí materiálu mezi vylupovacími prvky a spodním výlupem. Příliš velká vůle by mohla negativně ovlivnit přetržení spojných můstků.



Obr. 45 Můstky [24]



Obr. 47 Sestava horního a spodního výlupu [25]

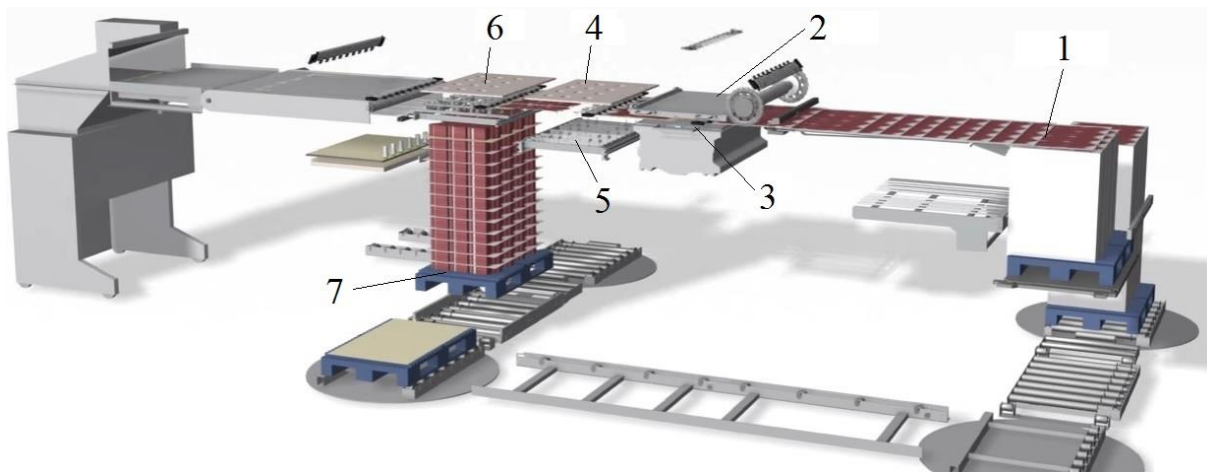


Obr. 48 Horní výlup [17]

další. Pro lepší funkci nástroje je horní výlup vybaven pěnovými vyhazovači (např. z molitanu), které pomáhají přidržet lepenku v okolí vylupovaných míst. Dále je nutné vybavit horní výlup vzduchovými otvory, kterými je odváděn a přiváděn vzduch do prostoru mezi nástroji. Tímto je zamezeno vakuovému efektu, který by při zpětném pohybu nástroje nahoru nadzdvihával lepenku. Samostatný horní výlup pro ploché vysekávání je zobrazen na obr. 48.

### 3.3 Stroje pro vysekávání lepenky [2],[1],[23],[22],[24]

V posledních letech vedl rozvoj výroby obalů a lepenek výrobce ke konstrukcím a zaměření se na stroje kombinující dva i více technologických výrobních procesů. Pro obalovou techniku je typická opakovatelnost výrobních programů a snahou je dosáhnout co nejlepších výkonů a omezení časových ztrát. Z toho důvodu se dnes ve výrobní praxi osvědčují kombinované výrobní stroje a automatizované linky. Ty se většinou skládají z tiskařského stroje a vysekávacího automatu, dále popř. z lepící nebo skládací linky. Tato kapitola bude zaměřena pouze na vysekávací stroje.



Obr. 49 Schéma funkčních úseků vysekávacího automatu pro ploché vysekávání [2]

#### 3.3.1 Popis funkce stroje [1],[24],[22],[23]

Na obrázku výše je vidět schématický pohled dovnitř vysekávacího automatu. Vysekávání probíhá zprava do leva. Sloupec archů je na paletách dopravován pomocí válečkového dopravníku a s postupným odebráním archů se i s paletou vertikálně zvedá.

Archy jsou odebrány ze sloupce po jednom kusu a dopravovány pomocí poháněných dopravních koleček na kladkách (poz. 1). Před první operací je každý arch uchycen za greifovou stranu pomocí vodících pacek, kterými je tažen při průchodu celým strojem. Následují jednotlivé operace, které byly popsány v práci výše, a to vysekávání s matricí (poz. 2 a 3), vylupování horním a dolním výlupem (poz. 4 a 5) a separace užitků.

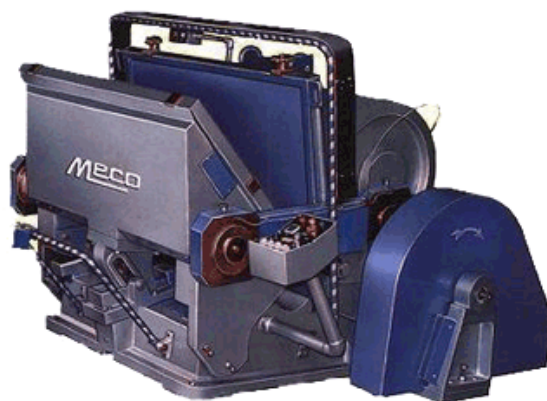
Užitky zbavené odpadu a rozdělené od sebe se buď znovu štosují na palety a jsou dopravníkem odváděny ze stroje (poz. 7), nebo může následovat přímé vedení užitků do balicí linky.

Separace užitků se dá provádět ručně ale i separačními nástroji. Tyto nástroje však na rozdíl od vylupovacích nástrojů a protisekácí přípravy nejsou zdaleka tak často využívané a jejich popis a rozbor funkce by byl velmi obsáhlý. Proto jsou separační nástroje z předkládané bakalářské práce vynechány.

### 3.3.2 Typy strojů [13],[2],[1],[22],[23]

Malé a kusové výrobní série jsou vysekávány na ručních nebo malých strojních lisech. V poměru s vysekávacími automaty jsou jejich pořizovací náklady nesrovnatelně nižší. Také náklady na údržbu a seřízení jsou u vysekávacího automatu podstatně větší. Pro tyto malé série se používají například příklopové lis (obr. 50). Vkládání i vykládání archu probíhá ručně, a proto mají výkon maximálně v řádech stovek kusů za hodinu. Rozměry upínaných planžet se volí většinou do rozměru 1000x1000 mm.

Větší výrobní série, u kterých je použití stroje vzhledem k delšímu seřizovacímu času a počtu výseků výhodné, jsou vysekávány na vysekávacích automatech, většinou zapojených do kompletní výrobní linky. Tyto stroje zvládají výrobu několika tisíc archů za hodinu (ploché 6000-9000, rotační až 12 000). Rozměry planžet se u hladké lepenky pohybují přibližně do 1100x800 mm, u vlnité lepenky se však vysekávají přířezy dlouhé až 2500 mm.



Obr. 50 Příklopový lis [13]



Obr. 51 Vysekávací automat Bobst Mastercut 145 PER [2]



## 4 NÁVRH KONSTRUKCE NÁSTROJE PRO VYSEKÁVÁNÍ LEPENKY

Následující kapitola bude věnována konstrukci vysekávacího nástroje pro lepenku. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, nástroje pro vysekávání lepenky se vyrábějí velmi specificky v závislosti na výsledném produktu. Níže budou uvedeny základní vstupní parametry tak, jak by přibližně bylo uvedeno v zákaznické specifikaci při výrobě skutečné zakázky.

Zákazník chce vysekávat krabičky na léky z hladké lepenky o rozměrech 60x114x40 mm. Požaduje kompletní vysekávací nástroj, tj. výseková planžeta, horní výlup, spodní výlup a protisekáci přípravu ve formě rillovací pertinaxové matrice. Dále budou lékovky obsahovat braillovu ražbu. Vysekávaný materiál bude hladká lepenka s označením GC1 o gramáži 350 g/m<sup>2</sup>. Rozměr archu je 860x600 mm. Vysekávat se bude na stroji Bobst SPanthera 106 LE se záchytem 13 mm.



### 4.1 Rozbor zadání [32],[1],[22],[23],[24]

Obr. 52 Lékovka [32]

Typ konstrukce krabičky není v zákaznické specifikaci zmíněn. Je tedy předpokládáno, že se bude jednat o klasickou konstrukci se dvěma zasouvacími klopovými uzávěry. Podle katalogu ECMA je možné vybrat jednu ze tří konstrukcí, které se od sebe liší pouze rozmístěním zavíracích a prachových klop. Bylo zjištěno, že typ A2120 je z hlediska využitelnosti archu a plochy odpadu ekonomicky nejvýhodnější. Procentuální úspornost se liší vzhledem k rozměrům skládaček. Velice jednoduše lze zjistit, zda platí, že typ A2120 je nejvýhodnější i pro náš případ, tj. lékovka o rozměrech 60x112x40 mm. Poskládáním sestavy několika užitků (v našem případě je počítáno s 12 užitky) všech typů krabic lze spočítat procentuální využití archu pro výsek podle následujícího vzorce:

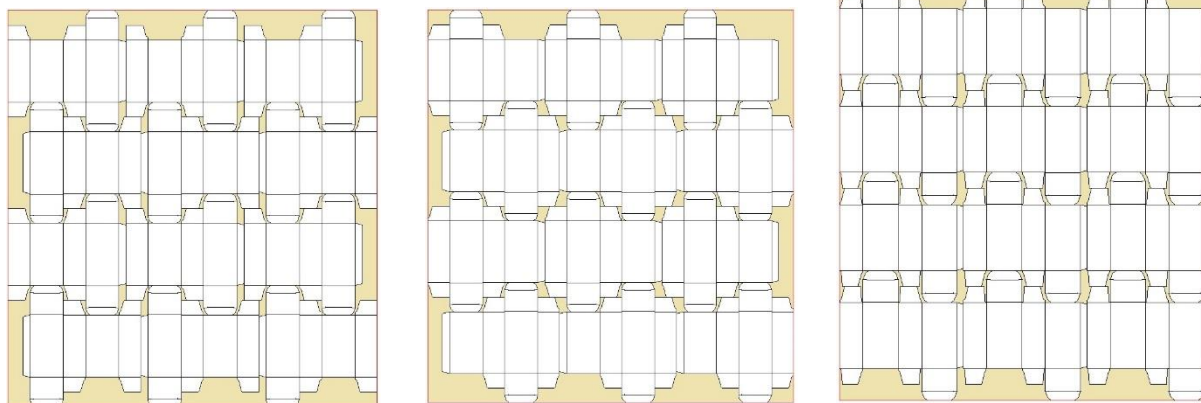
$$O = \frac{S_{u.12}}{x \cdot y} \cdot 100 \quad (4.1)$$

, kde : O – procentuální využití archu [%]

$S_u$  – obsah plochy užitku [mm<sup>2</sup>]

x – šířka archu [mm]

y – výška archu [mm]



Typ A2320

Typ A2420

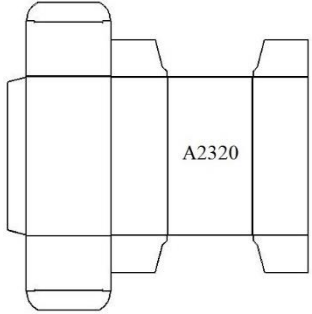
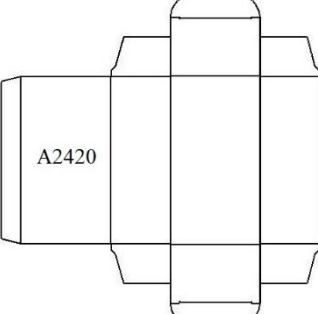
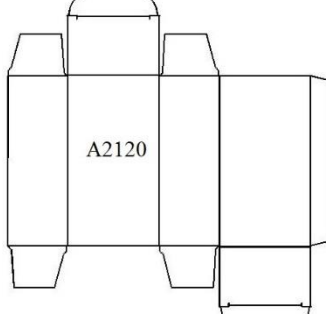
Typ A2120

Obr. 53 Sestavení užitků a využití odpadu podle typu konstrukce

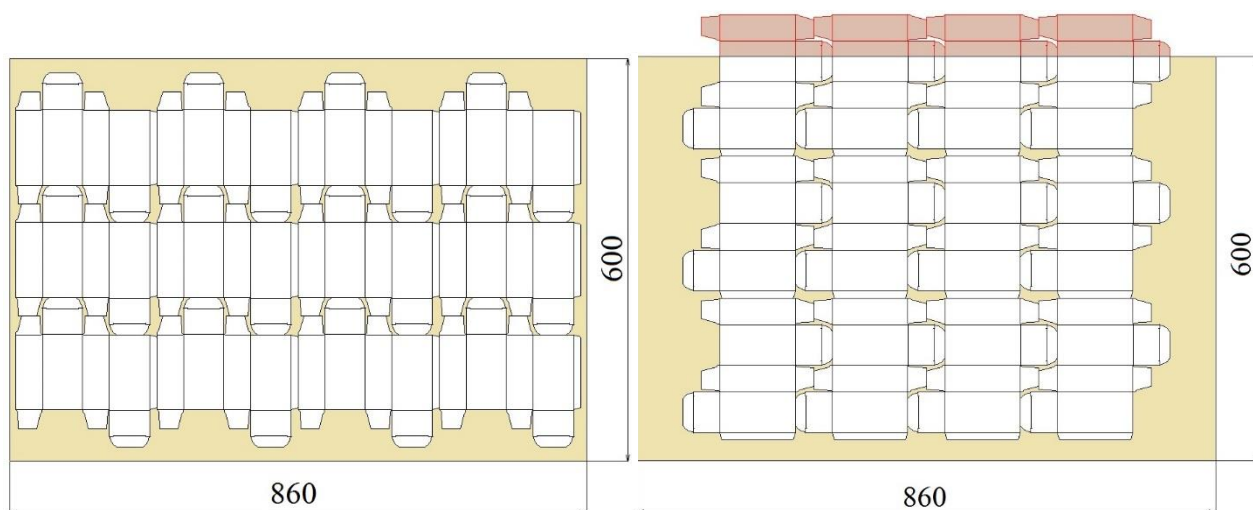


V následující tabulce jsou uvedeny vypočítané hodnoty, z nichž je zřejmé, že volba konstrukce typu A2120 je ekonomicky nejúspornější. Nicméně, procentuální rozdíl není nijak markantní a je možné podle potřeby případně použít jiný typ konstrukce. Některé vybrané konstrukce lékovek z katalogu ECMA jsou znázorněny v příloze 1.

Tab. 6 Typy konstrukcí lékovek a procentuální využití archu

60x114x40	A2320	A2420	A2120
$S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	33 684	33 711	33 436
x·y	473 432	447 432	456 575
O [%]	85,3 %	85,5 %	<b>87,9 %</b>
Konstrukce podle katalogu ECMA			

Zbývá určit orientaci archu a umístění sestavy. Arch má podle objednávky velikost 860x600 mm. Z obr. 54 je vidět, že seskládání užiteků na kolmo je pro tuto sestavu výhodnější. Vzdálenost umístění užiteků od okraje archu bývá minimálně 5 mm po stranách a na zádech. Na čele nástroje (označováno jako greif, grip, záchyty) se používá velikost náložky stejně velká, jako je velikost záchyty. Náložkou je myšlena vzdálenost od spodní hrany archu po první nůž sestavy.



Obr. 54 Umístění sestavy do rozměru archu kolmo (vlevo), vodorovně (vpravo) .

Pozn.: Spodní část nástroje je označována jako čelo a horní část nástroje jako záda.

Vysekávacím strojem je automatický lis Bobst SPanthera 106 LE. Základní parametry stroje jsou v následující tabulce.

Tab. 7 Parametry stroje [1]

<b>Bobst SPanthera 106 LE</b>	
Max. velikost nástroje	1070 x 770 mm
Min. velikost nástroje	1040 x 725 mm
Max. velikost archu	1060 x 760 mm
Min. velikost archu	400 x 350 mm
Vysekávací rozsah	1060 x 745 mm
Max. tlak	260 t / 2,6 MN
Min. gramáž lepenky	70 g·mm <sup>-2</sup>
Max. gramáž lepenky	1000 g mm <sup>-2</sup>
Max. produkce	9000 s·h <sup>-1</sup>
Rozsah chytače	9–17 mm

Z tabulky tab. 7 je zřejmé, že všechny parametry stroje splňují požadavky pro vysekávání námi zvolené sestavy. Velikost archu, gramáž materiálu a velikost záhytu jsou v mezích minima a maxima pro tento stroj.

Jediný parametr, který zbývá ověřit, je velikost tlaku, který je třeba vyvinout pro vysekávání dané sestavy. Reálný tlak je možné vypočítat vynásobením délek nožoviny hodnotami doporučených tlaků. Tyto hodnoty jsou závislé na typu nože a druhu vysekávaného materiálu. Celková délka nožů v sestavě je 11 649 mm pro nože sekací, 9 349 mm pro rilly.

V tabulce doporučených hodnot tlaků pro vysekávání je pro vysekávání chromokartonu (GC1) o gramáži 450 g·mm<sup>-2</sup> tlak pro vysekávání jednoduchým břitem (CF) 26 N·mm<sup>-1</sup> a pro rillování 37 N·mm<sup>-1</sup>. Materiál zadáný zákazníkem má sice nižší gramáž, ale hodnoty tlaku jsou víceméně orientační. Ve velké míře záleží na

seřízení stroje a otupení nožů, které také ovlivňují minimální tlak potřebný k vysekávání. Proto lze bez problémů použít hodnoty tlaku pro materiál 450 g/m<sup>2</sup>, jelikož se i tak jedná o předimenzování.

Vysekávací tlak je možné spočítat podle vzorce

$$T = L_S \cdot T_S + L_R \cdot T_R = 11649 \cdot 26 + 9349 \cdot 37 = 648\,787 \text{ N} \approx 0,65 \text{ MN} \quad (4.2)$$

kde: T – celkový tlak [N]

T<sub>S</sub> – doporučená hodnota měrné síly pro CF sekací nože [N·mm<sup>-1</sup>]

T<sub>R</sub> – doporučená hodnota měrné síly pro rillovací nože [N·mm<sup>-1</sup>]

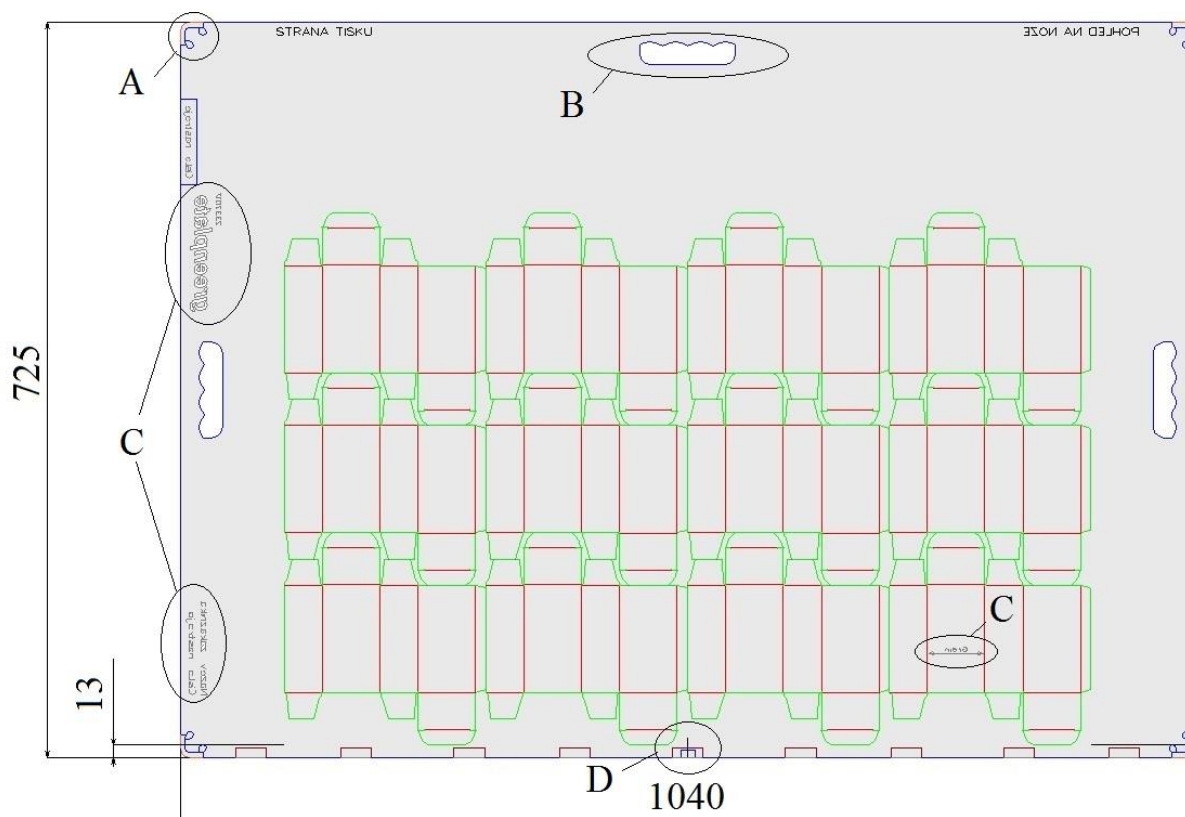
L<sub>S</sub> – délka sekacích nožů [mm]

L<sub>R</sub> – délka rillovacích nožů [mm]

Z výsledného tlaku je zřejmé, že i při počítání s vyšší hodnotou konstant doporučených tlaků pro vyšší gramáž lepenky je potřebný tlak pro vysekávání pouhých 25 % maximálního výkonu stroje. Tlaková podmínka je tedy také splněna.

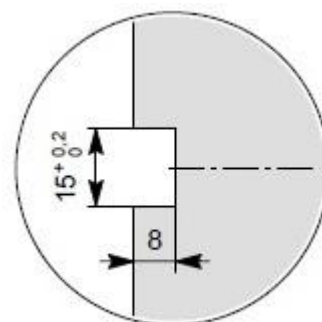
## 4.2 Konstrukce vysekávacího nástroje [1],[22],[23],[24]

Typ konstrukce užitků, vysekávaný materiál i způsob seskládání sestavy odpovídají standardu a není proto nutné používat žádné zvláštní komponenty (extra tvrdé nože, vyztužená deska atd.). Bude tedy použita deska greenplate o tloušťce 18 mm a nože CF výšky 23,8 mm o tvrdosti 41 HRC. Velikost desky bude zvolena jako nejmenší možná hranice podle tab. 7, tedy 1040x725 mm. První nože začínají 13 mm od spodního okraje desky (greif).



Obr. 55 Umístění sestavy na desce a základní prvky nástroje

Jak je vidět na obr. 55, kromě sestavy užitků se na nástroji dále vyrábějí další pomocné a informační prvky. V rozích nástroje jsou vypáleny a osazeny plastové rožky (A), které nahrazují ostré a vysoce opotřebitelné hrany desky. Dále je nástroj vybaven odnosnými otvory (B) kvůli lehčí manipulaci a soustavou informačních výpalů (C), které pomáhají při logistice (název zákazníka, číslo nástroje), nebo nesou informace pro strojníky, důležité k seřízení stroje (směr vlákna lepenky, max. tlak, strana výseku). Poslední a nejdůležitější částí je tzv. systém centerline (D). Každý nástroj má na středu spodní hrany drážku o specifickém rozměru, pomocí které je nástroj ve stroji vystředěn. Pro stroj Bobst typu SP je velikost 15x8 mm.



Obr. 56 Centerline [1]

Nástroj je dále nutné vybavit odsekovými noži (C) a vyrovnávacími noži (A).

Odsekové nože se rozmisťují po obvodu užitek tak, aby byl odpad rozdělen na menší části. Dále se s nimi uzavírají zabíhající odpady, které by bylo jinak těžké nebo nemožné vylupovat.

Vyrovnávací nože slouží jako opory v místech, kde žádné sekací nože nejsou a pomáhají vyrovnávat tlak rovnoměrně po celé ploše desky. Počet vyrovnávacích nožů se stanoví dle vzorce:

$$n = \frac{a \cdot b}{e \cdot d} = \frac{12341 \cdot 199}{569 \cdot 842} = 5,1 \approx 5$$

(4.3) Obr. 57 Výpočet počtu vyrovnávacích nožů [1]

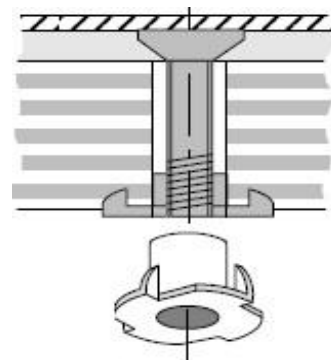
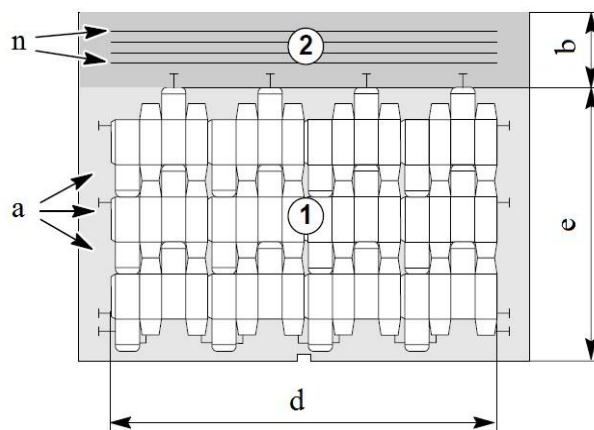
kde: n – počet vyrovnávacích nožů [-]

a – délka sekacích nožů a odsekových nožů [mm]

b – výška části desky bez nožů [mm]

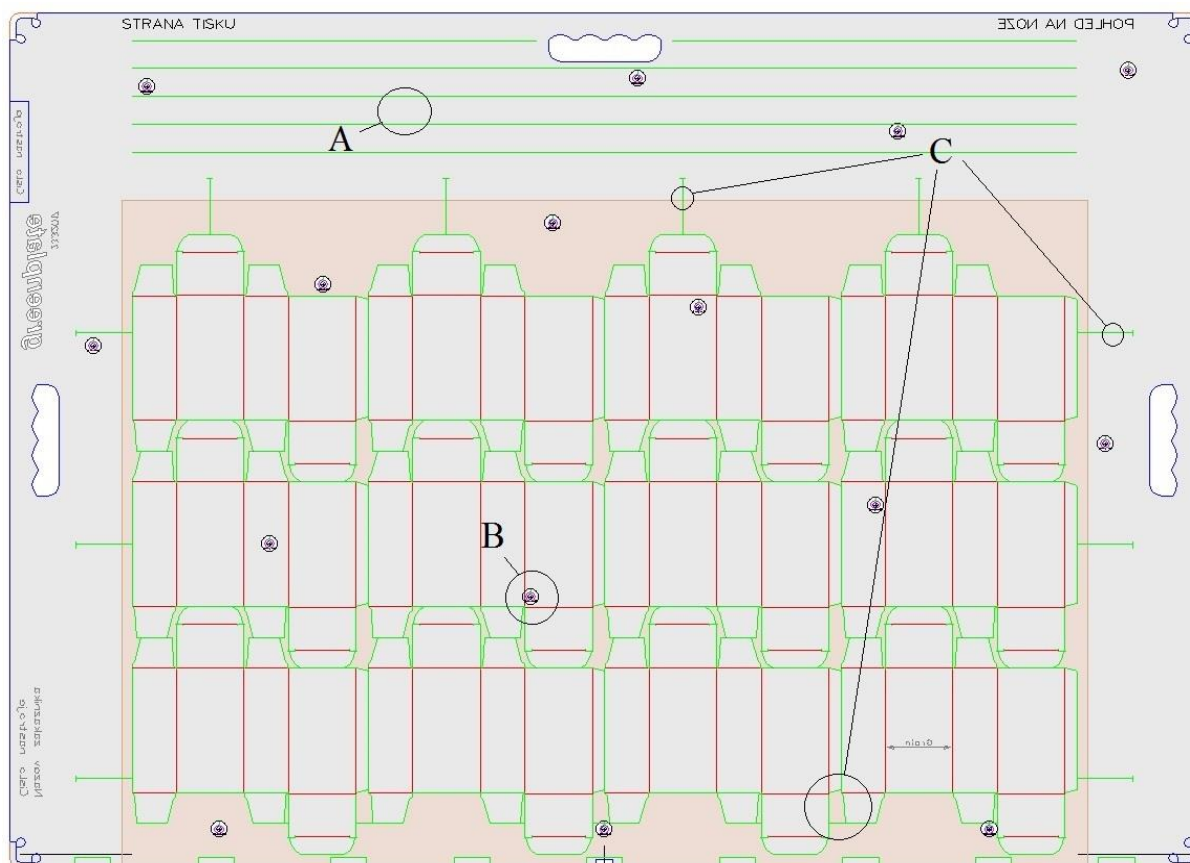
e – výška části desky s noži [mm]

d – šířka sestavy [mm]



Dále se do nástroje vypalují otvory pro narážecí matice, pomocí kterých je nástroj upnut ve stroji (B). Každý stroj má vlastní síť matic obsahující až 120 otvorů. Z nich se však většina pozic překrývá s jinými prvky nástroje, a proto je v závislosti na velikosti desky doporučeno upnutí alespoň přes 10-15 matic.

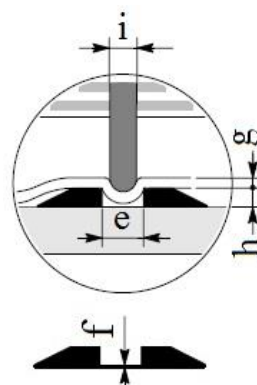
Obr. 58 Narážecí matice [1]



Obr. 59 Rozmístění narážecích matic, vyrovnávacích a odsekových nožů

### 4.3 Konstrukce protisekací přípravy [1],[22],[23],[24]

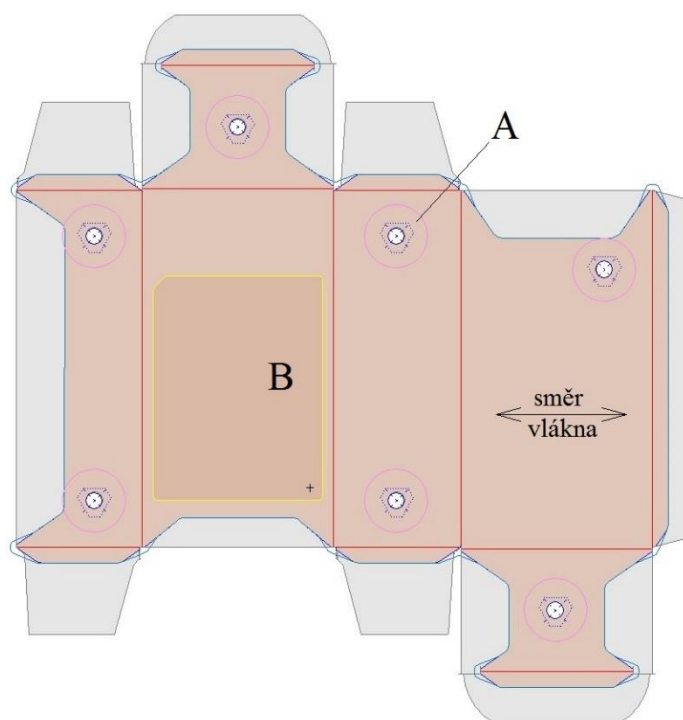
Požadovaným typem protisekací přípravy pro tuto sestavu je podle zákaznické specifikace pertinaxová rillovací matrice. Důležitým parametrem nutným pro správnou funkci protisekací přípravy je tloušťka vysekávaného materiálu. Chromokarton o gramáži 350 g/m<sup>2</sup> má standardně tloušťku 0,56 mm. Tloušťka pertinaxu je volena o 0,1 mm větší než hloubka frézovaných kanálů. Tyto kanály se vyrábí do hloubky, která odpovídá tloušťce materiálu zaokrouhlené na celé desetinné číslo. Dále je nutné vypočítat šířku frézovaných kanálů. Ta je rozdílná v závislosti na směru vlákna lepenky a druhu použitého rilu. V následující tabulce jsou vypočítány všechny hlavní parametry



Tab. 8 Parametry matrice [1]

Obr. 60 Rozměry matrice [1]

	Vzorec	Rozměr	Popis
<b>e</b>	$(1,5 \cdot g) + 0,71$	1,55≈ <b>1,6</b> mm	šířka kanálů rovnoběžných s vláknem
	$(1,3 \cdot g) + 0,71$	1,44≈ <b>1,5</b> mm	šířka kanálu kolmých na vlákno
<b>f</b>	-	0,1 mm	zbytková tloušťka pertinaxu
<b>g</b>	-	0,56 mm	tloušťka materiálu
<b>h</b>	$g + f$	0,66≈ <b>0,7</b> mm	tloušťka pertinaxu
<b>i</b>	-	0,71 mm	šířka rilu (2pt.)



Výsledný tvar pertinaxové matrice je na obr. 61. Matrice nesmí křížit sekací linky a zároveň je ve všech místech, kde je to možné, odsazena od nože minimálně o 10 mm, aby bylo možné nástroj olepit gumou. V matrici i v nástroji jsou vypáleny otvory pro kolíky (A), pomocí kterých se provede prvotní nastavení přípravy. Přípravek se přes kolíky připevní na nástroj a při prvním seku na prázdno se matrice přilepí na holý protisekací plech. Obvod matrice se po obvodu frézuje srážecí frézou, aby na užítku nevznikaly otlaky od ostrých hran.

Dále je v matrici vyfrézováno zahloubení pro patrici přípravku na braillovu ražbu (B). Podle směru vlákna se frézují šířky kanálu dle tab. 8.

Obr. 61 Protisekací pertinaxová matrice

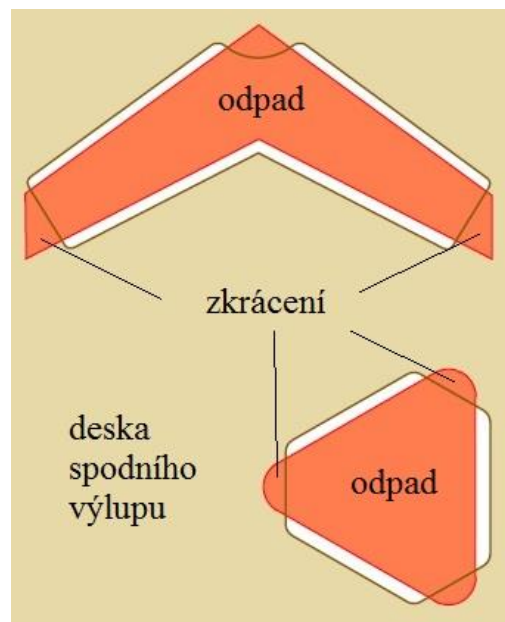




Obr. 62 Pertinaxová matrice

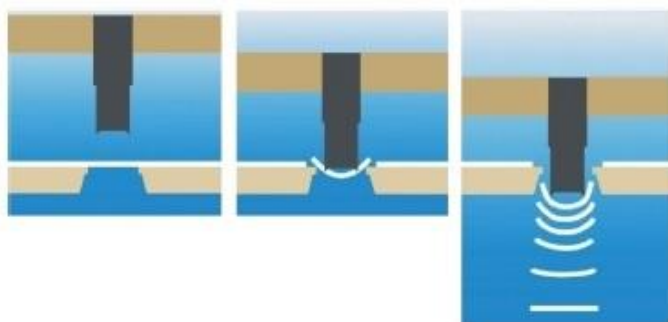
Spodní výlup se vytváří jako obrys vysekávacího nástroje, který je zmenšen o hodnotu, která vychází z tloušťky materiálu. Vylupovací prvky se umísťují do vzdálenosti pětinasobku tloušťky materiálu od kontury spodního výlupu. Pro materiál tloušťky 0,56 mm bude tedy odsazení 2,8 mm od kontury spodního výlupu.

Odpady v rozích je nutné vybavit konstrukčním prvkem, kterému se říká zkrácení. Zkrácení pomáhají zlepšit funkci výlupu tím způsobem, že způsobují pnutí opadu při vylupovacím procesu. Tím je odpad po protlačení skrz spodní výlup odpružen a vymrštěn do prostoru pod strojem. Příklady zkrácení dvou vybraných druhů odpadů jsou na obr. 63. Celá teorie vylupování, volby tvaru, velikosti a počtu zkrácení by vydala na celou další bakalářskou práci. Proto zde budou jen velmi stručně shrnuty základní konstrukční principy. Další typy odpadů s vhodným umístěním zkrácení a broušených můstků jsou v příloze 2.



Obr. 63 Příklady zkrácení odpadu [1]

Velikost zkrácení je nutné volit s ohledem na vylupovaný odpad a materiál. Standardně se používají velikosti od 1,5-3 mm. Počet zkrácení závisí také na tvaru odpadu. Zkrácení se umísťuje do rohů, ale je potřeba dát pozor, aby nebylo zkrácení příliš mnoho nebo příliš málo.



Obr. 64 Funkce zkrácení na vylupnutí odpadu [1]

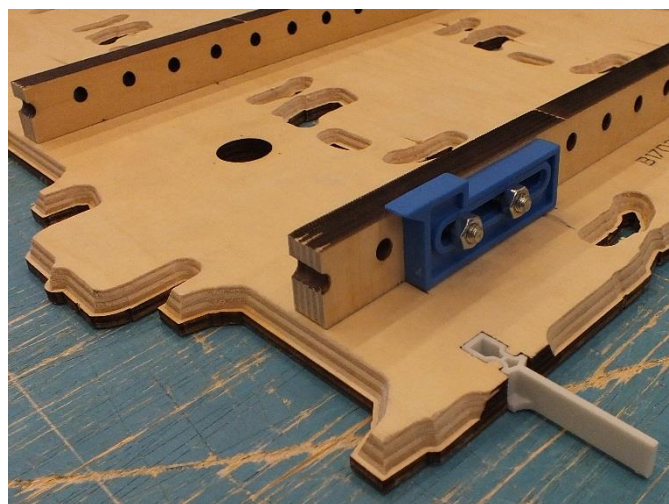
#### 4.4 Konstrukce vylupovacího nástroje

[1],[22],[23],[24]

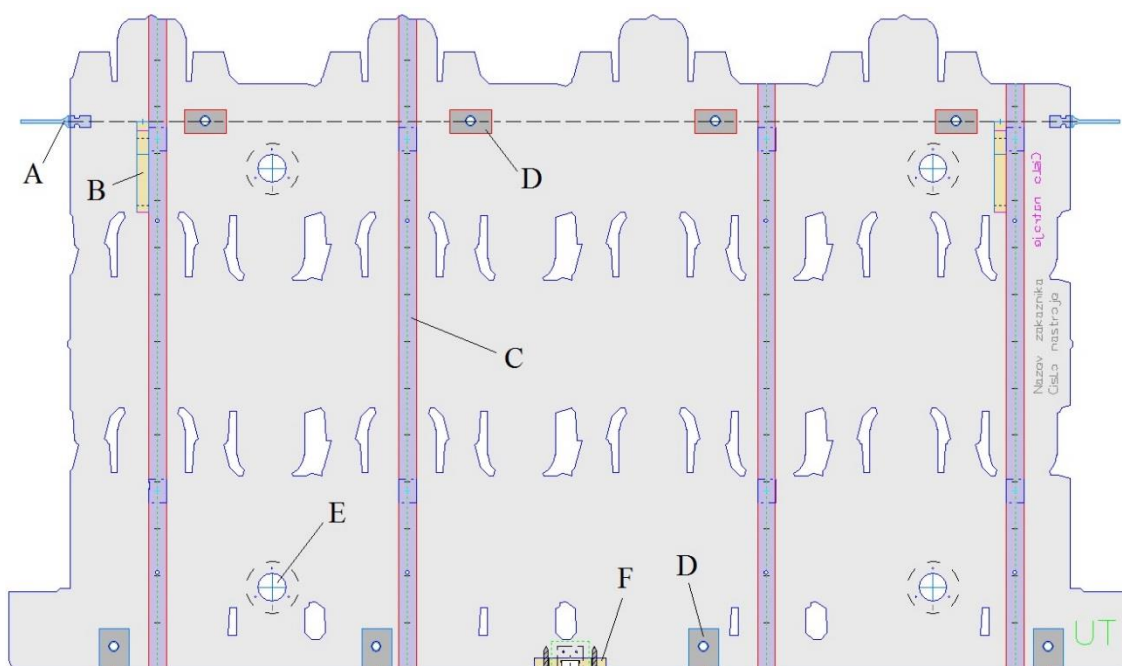
Vylupovací nástroj se bude skládat ze dvou částí, a to horního a spodního výlupu. Důležité je rozhodnout, které části soustavy budou vylupovány. V některých případech jdou vylupovat pouze vnitřní odpady nebo naopak pouze záda. Jak bylo řečeno dříve, pomocí odsekových nožů jsou uzavřeny zabíhající části a tím vytvořeny vnitřní odpady. V případě této soustavy je možné vylupovat vnitřní odpady zároveň se zády a boky. Čelo sestavy zůstává v celku, aby bylo možné jej uchopit do vodících pacek a vést vyseknutý arch strojem.

Obecně je ideální volba čtyř zkrácení do přibližně protilehlých rohů. Odstup vylupovacích prvků od zkrácení je stejně velký, jako odstup od samotné kontury výlupu. V místech, kde se vyskytují zkrácení a zároveň leží hroty vylupovacích prvků se umísťují broušené můstky, které pomáhají zlepšit funkci odpružení odpadu. Šířka broušených můstků se volí 0,2-0,3 mm.

Konečná konstrukce spodního výlupu je na obr. 66. Nástroj je upnut ve stroji přes upínací packy (D) do vodorovných lišt. Ve spodní části je nástroj upnut do lišty u greifu nástroje a vystředěn systémem centerline (F). Je nutné nástroj vyrobit tak, aby v místě horní lišty nebyly žádné odpady, protože by tento odpad nebylo možné kvůli blokující liště vylupovat. Dále je v ose horní lišty připevněn na obvodu rozlamovač (A). V tomto místě je nutné umístit na planžetě zádni odsekový nůž, aby byl odpad rozdělen a byl rovnoměrně vyloupnut po stranách rozlamovače.

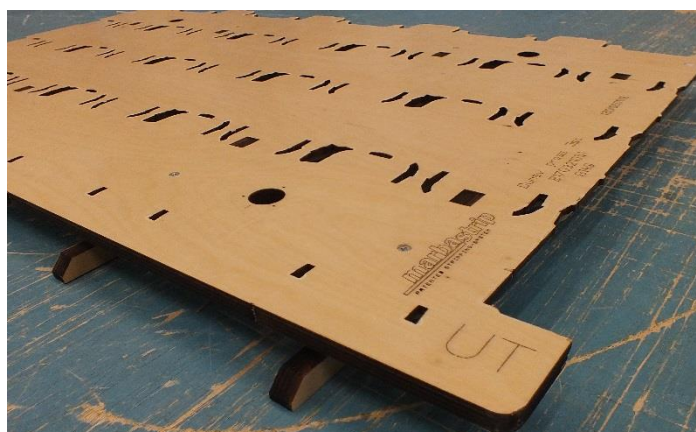


Obr. 65 Pohled ze zdola na spodní výlup



Obr. 66 Návrh konstrukce spodního výlupu

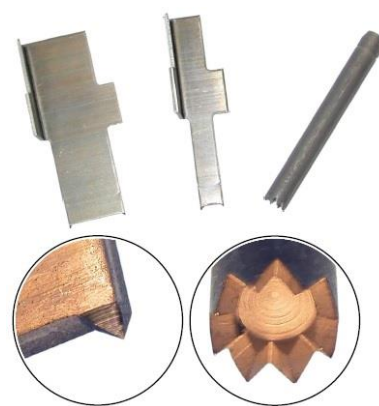
Jak je vidět, v nástroji jsou otvory a tím by mohla být ohrožena pevnost celé konstrukce. Ta se vyztužuje pomocí dřevěných nebo kovových výztuh (C). Na výztuhy se v místě rozlamovače šroubují plastové upínací kostky, které fungují jako další forma upínání a vystředění výlupu. Na nástroji se také vyrábí otvory pro transportní matice (E), které slouží pouze jako přípravek k sešroubování horního a spodního výlupu při transportu. Na funkci nástroje však nemají žádný vliv.



Obr. 67 Spodní výlup



Horní výlup se konstruuje jako deska, do které jsou vypáleny drážky a otvory pro vylupovací prvky (C). Ty jsou pak do desky osazeny podobně, jako u vysekávacího nástroje. Pro vylupování se používají vylupovací plechy a kolíky zobrazené na obr. 68. Okraje archu a velké odpady se podepírají dřevěnými kolíky (B). Deska se upíná do stroje pomocí narážecích matic (A) stejným principem jako vysekávací nástroj. Horní výlup je dále vybaven vzduchovými otvory (D) kvůli vakuovému efektu. Tyto otvory je nutné umisťovat minimálně 40 mm nad vylupovací prvky na středu a 40 mm po vnitřních stranách u obvodu. Do těchto míst se vylepují molitanové kostky, které pomáhají přidržovat arch.

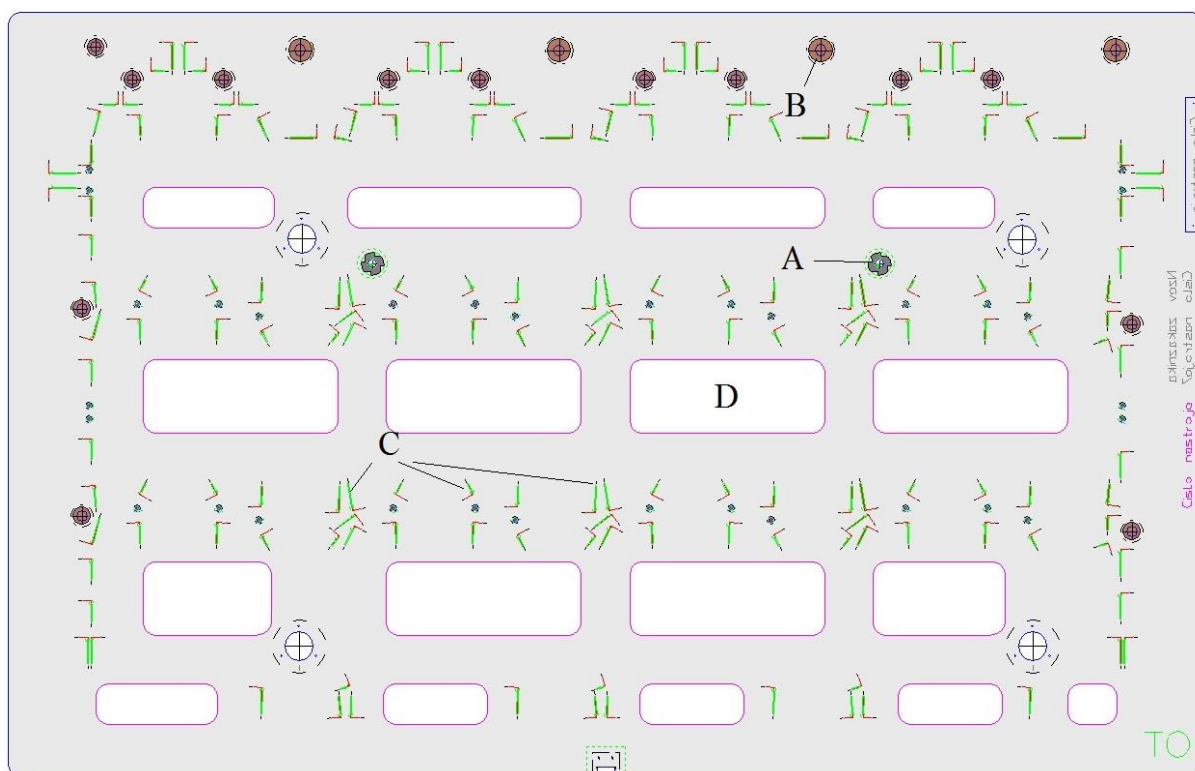


Obr. 68 Vylupovací prvky [1]



Obr. 69 Pohled na horní výlup

Jako všechny nástroje, i horní výlup je vybaven systémem středění centerline. Tloušťka desky pro horní výlup se volí 15 mm, kvůli vyšší pevnosti vzhledem k počtu otvorů. Silnější dřevo také lépe drží vylupovací prvky proti vytažení. Spodní výlup je vyráběn z překližky tloušťky 12 mm. Velikosti desek je dále nutné konstruovat s ohledem na maximální rozměry stroje. Pokus je planžeta vyrobená na maximální rozměr, neměly by být výlupy větší než vysekávací nástroj.



Obr. 70 Návrh konstrukce horního výlupu





Obr. 71 Horní výlup

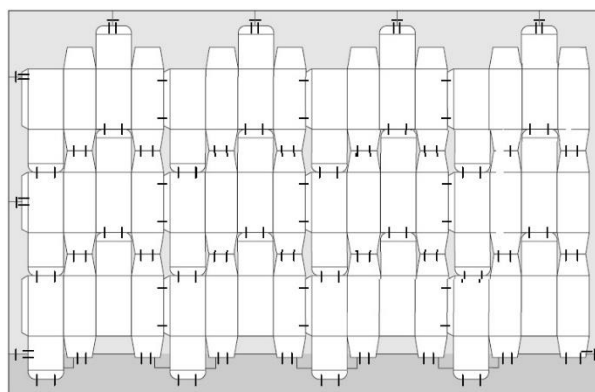
Doporučené umístění broušených můstků dle manuálu výrobce Bobst je na obr. 72. Konečný vzhled vysekávacího nástroje s broušenými můstky, otvory pro fixaci pertinaxu a osazeným matricemi pro braillovu ražbu je na obr. 73 .

#### 4.5 Broušené můstky [1],[22],[23],[24]

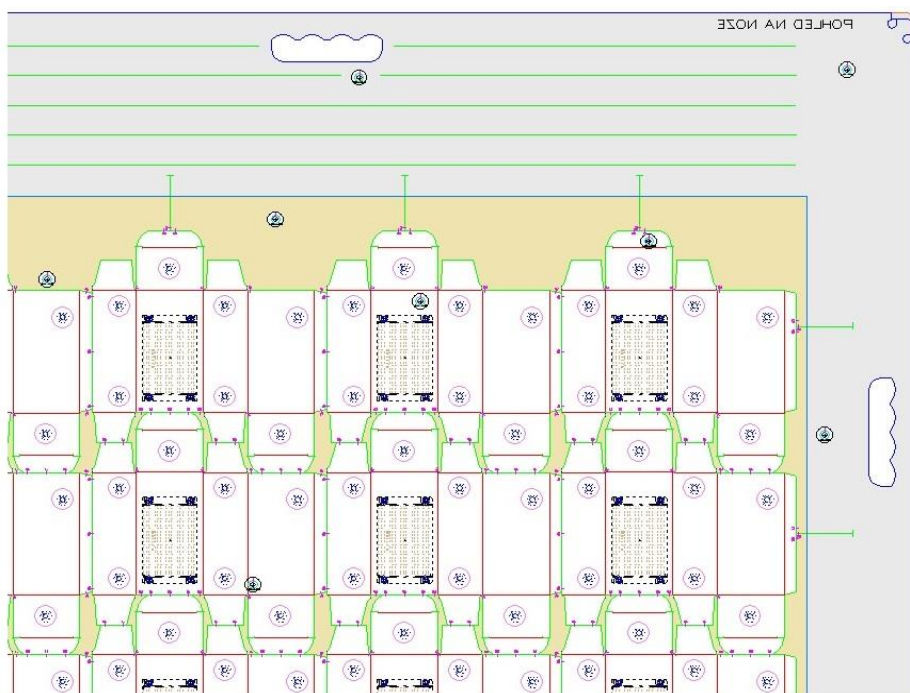
Posledním a důležitým krokem je určit rozmístění broušených můstků.

Broušené můstky na společné nože se umísťují rovnoměrně a na místa, která v ideálním případě nebudou na hotovém výrobku vidět. Po roztržení užiteků vznikají v místech broušených můstků nevzhledné otřepty. Šířka můstků se volí stejná, jako je tloušťka materiálu pro nože kolmé na chod stroje, resp. nože v ose X. Pro nože v ose Y se používá šířka o 0,1 mm menší, protože v tomto směru nepůsobí téměř žádné síly.

Na vnitřní odpady se umísťují broušené můstky ke zkrácení o šířce standardně 0,3 mm, pro malá místa 0,2 mm.

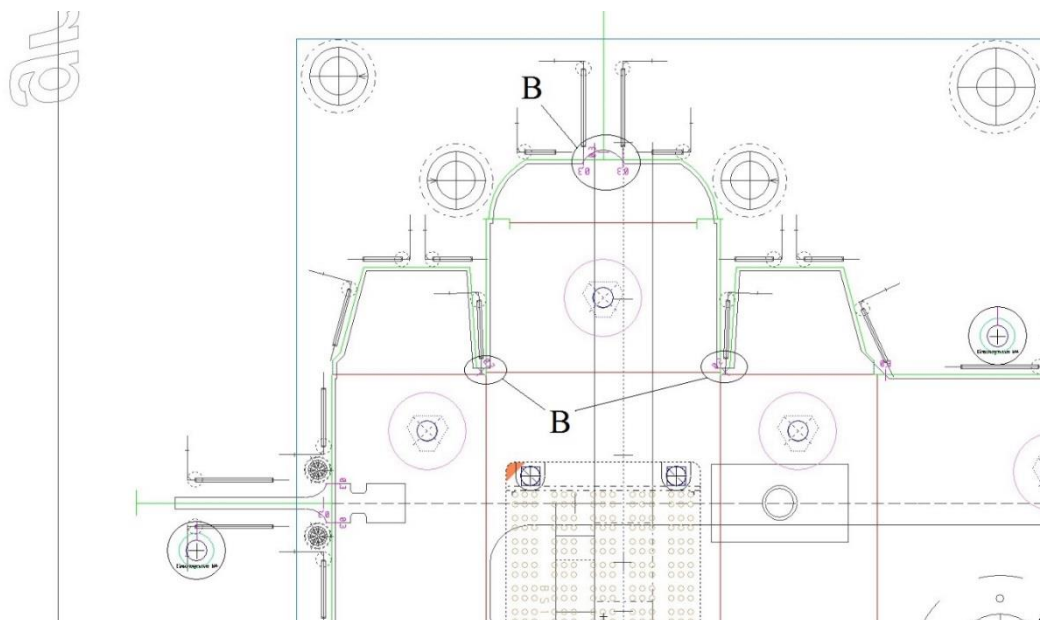


Obr. 72 Rozmístění broušených můstků [1]

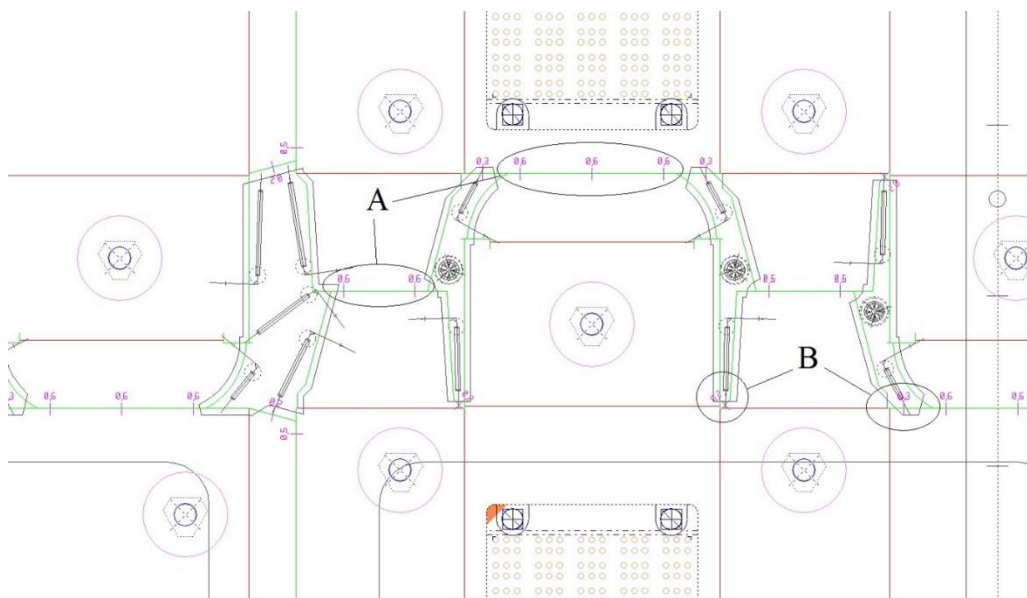


Obr. 73 Konečná konstrukce vysekávací planžety

Protože je nástroj poměrně velký, a tím pádem je zmenšená verze poměrně nepřehledná, následující obrázky zobrazují detailní pohledy na okraj a střed sestavy. Zároveň je hladina nástroje pro vysekávání prosvícena s hladinami horního a spodního výlupu, pro lepší pochopení funkce vylupovacích prvků, otvorů ve spodním výlupu a broušených můstků. Dále je znázorněno rozmístění a šířky broušených můstků na společných nožích (A) a na vnitřních odpadech (B).



Obr. 74 Detailní pohled na levý horní okraj sestavy



Obr. 75 Detailní pohled na střed sestavy

Tato konstrukce nástroje je typově jedna z nejjednodušších a celkový čas výroby všech těchto komponentů by se pohyboval kolem 6 hodin čistého času, resp. se zanedbáním časů přeprav mezi jednotlivými pracovišti. V praxi se ale samozřejmě vyrábějí mnohem komplikovanější nástroje, např. pro vysekávání jogurtových nosičů a speciálních skládaček. U těchto komplikovaných nástrojů může být jejich výroba mnohdy 2x až 3x delší.

## 5 ZÁVĚRY

Cílem této bakalářské práce bylo provedení průzkumu v oblasti technologie vysekávání s ohledem na typ zpracovávaného materiálu a vytvoření přehledu používaných nástrojů a strojů. V rámci práce byly mezi sebou porovnány technologie vysekávání různých materiálů, a to konkrétně plechu a lepenky. Ačkoliv lze mezi těmito technologiemi nalézt určitou analogii, převážně ve funkci jednotlivých komponentů nástrojů, jsou tyto dvě technologie výrazně odlišné.

Vysekávání plechových součástí se provádí na CNC vysekávacích centrech. Nástroje používané při vysekávání mají formu razníku a matrice, které vzájemně pracují na principu stříhu. Nejrozšířenějšími typy upínacích přípravků pro nástroje mají formu buď konzolí (nástroje typu Trumpf) nebo revolverových trnů (nástroje typu Thick Turret). Moderní automatizovaná vysekávací centra umožňují kompletní výrobu součástí na jedno upnutí. Speciální nástroje umožňují kromě vysekávacích operací také vytváření závitů, ohýbání a mnoho dalších typů tvářecích operací.

Vysekávání lepenky a plastových materiálů se provádí na automatických vysekávacích strojích, nebo na strojích pracujících na principu příklopu. Na rozdíl od vysekávání plechu probíhá vysekávání lepenky na principu řezu pomocí planžetových nástrojů proti hladké desce stroje, tj. bez matrice. Kvalitu ohybů lze zlepšit protitlakovou přípravou, která však nemá vliv na samotné vysekávání a tyto matrice mají zcela odlišný charakter a funkci než v případě matic pro vysekávání plechu. Vysekávací automaty bývají dále vybaveny sekcemi pro vylupování a případně i separaci výseků. Při vysekávání velkých nákladů bývají vysekávací automaty zapojeny do automatizované linky s offsetovými potiskovými stroji a skládacími automaty.

V závěru práce je uveden návrh konstrukce vysekávacího nástroje pro hladkou lepenku. Návrh počítá s výrobou 12 krabiček na léky typu A2120 na jeden výsek z materiálu typu GC1. Vysekávání probíhá na stroji Bobst SPanthera 106 LE. Kromě vysekávacího nástroje je dále v návrhu uvedena konstrukce vylupovacího nástroje a protitlakové přípravy ve formě pertinaxové matrice.

Problematika technologie vysekávání lepenky není sice všeobecně tak známá jako technologie vysekávání dílců z plechu, ale má neodmyslitelné zastoupení v celém obalovém průmyslu a s produkty této technologie se setkáváme denně na každém kroku. Lepenkové výrobky vytvořené vysekáváním se v našem běžném okolí vyskytují mnohem častěji než dílce vysekávané z plechu, od pohlednic a dopisů přes cigarety a bonboniéry až po těžké přepravní kartonové krabice a obaly prakticky na cokoliv.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [8]

1. BOBST. : *Interní dokumenty a manuály výrobce*. 2016.
2. Bobst. *Flatbed die-cutters* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.bobst.com/czen/products/die-cutting/die-cutters/#.WPslOmnyiUk>
3. BŘEZINA, Richard a Radek ČADA. *Speciální technologie: Technologie a tváření*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1992, 257 s. ISBN 807078122X.
4. BŘEZINA, Richard. *Technologie I*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1998, 80 s. ISBN 8070784393.
5. C&T Matrix. In: *Trimplex Products* [online]. c2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.candtmatrix.com/trimplex-products/>
6. Caldwell Machine Tools. In: *Punch press - LVD Strippit* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.camachinetools.com/products/lvdstrippit/-punch-press.php>
7. Canmet s.r.o. In: *Wilson tool* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.canmet.eu/files/ckeditor/N%C3%A1stroje\\_a\\_p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/Vysek%C3%A1vac%C3%ADn%C3%A1stroje/Wilson\\_Tool\\_-\\_syst%C3%A9m\\_revolver/Standardne\\_nastroje.pdf](http://www.canmet.eu/files/ckeditor/N%C3%A1stroje_a_p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/Vysek%C3%A1vac%C3%ADn%C3%A1stroje/Wilson_Tool_-_syst%C3%A9m_revolver/Standardne_nastroje.pdf)
8. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
9. CITO-SYSTEM GmbH. In: *CITO Master Rubber* [online]. c2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.cito.de/en/GB/formline/die-ejection-material-rubber-profiles/cito-profile/cito-master-rubber/>
10. CITO-SYSTEM GmbH. In: *Cito Ultimate - Creasing matrix* [online]. c2017 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: [https://www.cito.de/en/GB/boxline/creasing\\_matrix/cito-ultimate/](https://www.cito.de/en/GB/boxline/creasing_matrix/cito-ultimate/)
11. CITO-SYSTEM GmbH. In: *HS CITO Cutting Rules* [online]. c2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.cito.de/en/GB/formline/cutting-rules-creasing-rules/types-properties/>
12. ČADA, Radek. *Technologie I: část tváření a slévání : (návod do cvičení)*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1998, 188 s. ISBN 8070785403.
13. Didot. polygrafická společnost, s.r.o. In: *Příklopový výsekový lis* [online]. c2012 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.didottisk.cz/box.php?id=36>
14. Electronics Technologies Plastics. In: *Fabricación de moldes* [online]. c2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://etpcorpweb.com/empresa>
15. Euromac. In: *Sheet metal working center* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.euromac.com/en/products/sheet-metal-working-center/1/>
16. Interstate Specialty Products. In: *Precision die cutting* [online]. c2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.interstatesp.com/capabilities/precision-die-cutting>

17. Kaňák. *Výsekové nástroje* [online]. c2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.kanakcz.com/>
18. Kartony.cz. In: *Kartonové krabice* [online]. c2010 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.kartony.cz/krabice-kartonove-krabice/>
19. Laser DT s.r.l. In: *Componente 3D* [online]. c2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.laserdt.ro/produsele-noastre/componente-3d/>
20. Lasercomb Group HQ. In: *Counter Matrix* [online]. c2009 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.lasercomb-dies.com/counter\\_matrix.asp](http://www.lasercomb-dies.com/counter_matrix.asp)
21. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008, 112 s. ISBN 9788072315796.
22. MACHÁŇ, Josef. *Obalová technika* [online]. Štětí: VOŠ obalové techniky a střední škola, 1999, 368 s. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.odbornaskola.cz/joomla>
23. MACHÁŇ, Josef. *Výroba obalových prostředků I pro 1. a 2. ročník SOŠ: stud. obor obalová technika*. Praha: SPN, 1985. Učebnice pro střední školy (Státní pedagogické nakladatelství).
24. Marbach s.r.o. *Interní dokumenty a manuály výrobce*. 2017.
25. Marbach s.r.o. *Tools and cutting dies* [online]. c2016 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.marbach.com/en/tools-and-cutting-dies>
26. Mate Precision Tooling. In: *Roller solutions tooling* [online]. 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://cdn.mate.com/wpcontent/uploads/2015/10/LIT01153\\_Roller Solutions\\_RevA\\_lr.pdf](https://cdn.mate.com/wpcontent/uploads/2015/10/LIT01153_Roller Solutions_RevA_lr.pdf)
27. Mate Precision Tooling. In: *High performance tooling systems for trumpf style presses* [online]. 2012 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://cdn.mate.com/wp-content/uploads/2015/11/LIT00500\\_INTL\\_PN\\_REV\\_B\\_2012\\_LoRes.pdf](https://cdn.mate.com/wp-content/uploads/2015/11/LIT00500_INTL_PN_REV_B_2012_LoRes.pdf)
28. MICHNA, Štefan a Nataša NÁPRSTKOVÁ. *Tváření*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2012, 223 s. ISBN 9788074144455.
29. Pass Stanztechnik AG. In: *Trumpf Standardwerkzeuge* [online]. 2016 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.pass-ag.com/files/pdf/Preislisten/02\\_2016-DE-T\\_1\\_op.pdf](https://www.pass-ag.com/files/pdf/Preislisten/02_2016-DE-T_1_op.pdf)
30. PETRŽELA, Zdeněk, Richard BŘEZINA a Jan KUČERA. *Technologie slévání, tváření, svařování*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1984, 329 s.
31. Precision Strip GmbH. In: *Bohlerstrip rotary die cutting* [online]. c2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.bohlerstrip.com/products\\_brands/bohlerstrip/rotary\\_steel\\_rules/bevel\\_profiles](http://www.bohlerstrip.com/products_brands/bohlerstrip/rotary_steel_rules/bevel_profiles)
32. Rondo AG. In: *Standart folding boxes* [online]. c2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.rondo-packaging.com/expertise/standard-folding-boxes/>
33. Sandvik Materials Technology. In: *Die-cutting rules* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://smt.sandvik.com/globalassets/global/sandvik-diecutting-stb-v2.pdf>

34. Sharp DCM Group. In: *Steel Counter Plate* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: [http://www.sharpdie.com/?page\\_id=994](http://www.sharpdie.com/?page_id=994)
35. SUCHY, Ivana. *Handbook of die design*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 0071462716.
36. Technologie II. LENFELD, Petr. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)
37. Trumpf Inc. *Brožura kompaktní děrovací technologie* [online]. , 52 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Services/01\\_brochures/TRUMPF-punching-at-a-glance-brochure-EN.pdf](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Services/01_brochures/TRUMPF-punching-at-a-glance-brochure-EN.pdf)
38. Trumpf Inc. In: *Brožura děrovacích strojů* [online]. s. 28 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Machines\\_and\\_Systems/02\\_Brochures/TRUMPF-punching-machines-brochure-EN.pdf](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Machines_and_Systems/02_Brochures/TRUMPF-punching-machines-brochure-EN.pdf)
39. Trumpf Inc. In: *TRUMPFtube - Punching* [online]. 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLEodVpF6GA9sfB9oL26wjmZXRlEOYgV7R>
40. Trumpf Inc. *Katalog děrovacích nástrojů* [online]. , 204 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Services/01\\_brochures/TRUMPF-punching-tools-catalog-EN.pdf](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Services/01_brochures/TRUMPF-punching-tools-catalog-EN.pdf)
41. Trumpf Inc. *Punching machines* [online]. c2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/en\\_INT/products/machines-systems/punching-machines/](https://www.trumpf.com/en_INT/products/machines-systems/punching-machines/)
42. TSCHÄTSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes - machines - tools*. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 3540332162.
43. Tsukatani Hamono MFG. Co., LTD. In: *Steel cutting rules* [online]. 2009, s. 14 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.tsukatani-hamono.co.jp/Eng/c\\_1/c\\_1\\_3/images/CatalogE.pdf](http://www.tsukatani-hamono.co.jp/Eng/c_1/c_1_3/images/CatalogE.pdf)
44. Vinbra s.r.o. In: *Produkty a služby* [online]. c2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.vinbra.cz/produkty>
45. Yi Tai Packing. In: *Die cutting rules* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://www.alibaba.com/product-detail/die-cutting-rules-blades-knife-die\\_60403410086.html](https://www.alibaba.com/product-detail/die-cutting-rules-blades-knife-die_60403410086.html)



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Střížná práce	[kJ]
a	Délka sekacích a odsekových nožů	[mm]
b	Výška části desky bez nožů	[mm]
c	Koeficient závislý na druhu stříhání	[-]
d	Šířka sestavy	[mm]
e	Výška části desky s noži	[mm]
$F_{s \max}$	Maximální střížná síla	[N]
$K_R$	Redukční koeficient	[-]
$L_R$	Délka rillovacích nožů	[mm]
$L_S$	Délka sekacích nožů	[mm]
n	Koeficient vlivu otupení a střížné síly	[-]
$n_v$	Počet vyrovnávacích nožů	[-]
O	Procentuální využití archu	[%]
$R_1$	Poloměr nástrojového válce a tloušťky překližky	[mm]
$R_2$	Poloměr nástrojového válce a výšky nože	[mm]
S	Střížná plocha	[mm <sup>2</sup> ]
s	Tloušťka plechu	[mm]
$S_u$	Obsah plochy užitku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_s$	Obsah plochy sestavy	[mm <sup>2</sup> ]
$s_s$	Dráha stříhu	[mm]
T	Celkový tlak	[N]
$T_S$	Doporučená hodnota měrné síly pro CF sekací nože	[N·mm <sup>-1</sup> ]
$T_R$	Doporučená hodnota měrné síly pro rillovací nože	[N·mm <sup>-1</sup> ]
v	Střížná vůle	[mm]
x	Šířka archu	[mm]
y	Výšky archu	[mm]
$\tau_s$	Pevnost materiálu ve stříhu	[MPa]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výrobky zhotovené vysekáváním [18],[44] .....	9
Obr. 2 Nástroj pro plech [27].....	10
Obr. 3 Nástroj pro lepenku [17].....	10
Obr. 4 Řez vysekávacím nástrojem pro plech a lepenku .....	10
Obr. 5 Základní přehled operací stříhání [3].....	11
Obr. 6 Fáze stříhání [21] .....	12
Obr. 7 Oblasti střížné plochy [12] .....	12
Obr. 8 Vliv střížné vůle [3] .....	13
Obr. 9 Průběh střížné síly [21].....	14
Obr. 10 Úpravy sklonu ostří střížníků [21].....	15
Obr. 11 Průběh střížné síly [36].....	15
Obr. 12 Multifunkční vysekávací nástroj [15].....	16
Obr. 13 Postupové stříhadlo [14] .....	16
Obr. 14 Vysekávací nástroj typu Thick Turret [7].....	16
Obr. 15 Vysekávací nástroj typu Trumpf [37].....	17
Obr. 16 Značkovací nástroj [40] .....	17
Obr. 17 Multifunkční nástroj [29].....	17
Obr. 18 Dělicí nástroj [29].....	18
Obr. 19 Vysekávací nástroj - šestihran [29] .....	18
Obr. 20 Válečkovací nástroj [26].....	18
Obr. 21 Hlavní části vysekávacího automatu [36].....	19
Obr. 22 Lienární nástrojový zásobník [38] .....	19
Obr. 23 Vysekávací hlava [36] .....	19
Obr. 24 Revolverový zásobník [6].....	20
Obr. 25 Vysekávací automat s rámem typu O a C [6],[41] .....	20
Obr. 26 Blokový vysekávací nástroj [22] .....	21
Obr. 27 Planžetový vysekávací nástroj [22] .....	21
Obr. 28 Rotační soustava [22] .....	22
Obr. 29 Plošná soustava [22] .....	22
Obr. 30 Kombinovaná soustava [22] .....	22
Obr. 31 Greenplate deska vyztužená plechem [25] .....	23
Obr. 32 Hliníková deska [25] .....	23
Obr. 33 Sekací nože v desce [16] .....	24
Obr. 34 Spojné můstky [45].....	24
Obr. 35 Profily sekacích nožů [11].....	24
Obr. 36 Řez nožovinou [43] .....	25
Obr. 37 Matrice ražby [19] .....	26
Obr. 38 Princip funkce razících prvků ve vysekávacím nástroji [1] .....	26
Obr. 39 Protisekáci příprava [1] .....	26
Obr. 40 Pertinaxová matrice [20] .....	27
Obr. 41 Samostatné rillovací kanály [10] .....	27
Obr. 42 Frézovaný protisekáci plech [34] .....	27
Obr. 43 Olepení sekacích nožů pryžovými vyhazovači [9].....	28
Obr. 44 Rotační planžetový nástroj [31].....	28
Obr. 45 Můstky [24] .....	29
Obr. 46 Funkce výlupu [1].....	29
Obr. 47 Sestava horního a spodního výlupu [25] .....	29
Obr. 48 Horní výlup [17] .....	30

Obr. 49 Schéma funkčních úseků vysekávacího automatu pro ploché vysekávání [2] .....	30
Obr. 50 Příklopový lis [13] .....	31
Obr. 51 Vysekávací automat Bobst Mastercut 145 PER [2] .....	31
Obr. 52 Lékovka [32] .....	32
Obr. 53 Sestavení užiteků a využití odpadu podle typu konstrukce .....	32
Obr. 54 Umístění sestavy do rozměru archu kolmo a vodorovně .....	33
Obr. 55 Umístění sestavy na desce a základní prvky nástroje .....	35
Obr. 56 Centerline [1] .....	35
Obr. 57 Výpočet počtu vyrovnávacích nožů [1] .....	36
Obr. 58 Narážecí matice [1] .....	36
Obr. 59 Rozmístění nárazecích matic, vyrovnávacích a dosekových nožů .....	36
Obr. 60 Rozměry matrice [1] .....	37
Obr. 61 Protisekáci pertinaxová matice .....	37
Obr. 62 Pertinaxová matice .....	38
Obr. 63 Příklady zkrácení odpadu [1] .....	38
Obr. 64 Funkce zkrácení na vyloupnutí odpadu [1] .....	38
Obr. 65 Pohled zdola na spodní výlup .....	39
Obr. 66 Návrh konstrukce spodního výlupu .....	39
Obr. 67 Spodní výlup .....	39
Obr. 68 Vylupovací prvky [1] .....	40
Obr. 69 Pohled na horní výlup .....	40
Obr. 70 Návrh konstrukce horního výlupu .....	40
Obr. 71 Horní výlup .....	41
Obr. 72 Rozmístění broušených můsteků [1] .....	41
Obr. 73 Konečná konstrukce vysekávacího nástroje .....	41
Obr. 74 Detailní pohled na levý horní okraj sestavy .....	42
Obr. 75 Detailní pohled na střed sestavy .....	42

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Volba velikosti střížné vůle [20] .....	13
Tab. 2 Doporučené hodnoty zkosení střížných hran [21] .....	15
Tab. 3 Porovnání výhod a nevýhod nástrojů pro vysekávání lepenky [22] .....	22
Tab. 4 Vlastnosti nožoviny pro tvrdost 41 HRC [32] .....	24
Tab. 5 Přehled nejčastěji používaných nožů a rillů .....	25
Tab. 6 Typy konstrukcí lékovek a procentuální využití archu .....	33
Tab. 7 Parametry stroje [1] .....	34
Tab. 8 Parametry matrice [1] .....	37

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Vybrané konstrukce lékovek podle katalogu ECMA
Příloha 2	Typy odpadů a vhodné umístění zkrácení a broušených můsteků [1]

## Příloha 1 : Vybrané konstrukce lékovek podle katalogu ECMA

<p>ECMA Folding Carton\Group B\ECMA B1411 - FC0306 - Buffer Wall Tray with Webbed Corners</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A2220 - FC0204 - Inverted Reverse Tuck End</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A5520 Style B - FC0106 - Tuck to Front Snap Lock Base</p>
<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A2420 - FC0202 - Same Panel Tuck</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A2320 - FC0203 - Aerotuck to Back</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A5598 - FC0112 - Double Tuck Snap Lock Base</p>
<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A6020 - FC0101 - Tuck to Back Crash Lock Base</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group A\ECMA A6098 - FC0110 - Double Tuck Crash Lock Base</p>	<p>ECMA Folding Carton\Group C\ECMA C4055 - FC0606 - Hexagonal Snap Lock Base</p>

**Příloha 2 :** Typy odpadů a vhodné umístění zkrácení a broušených můstků [1]

